

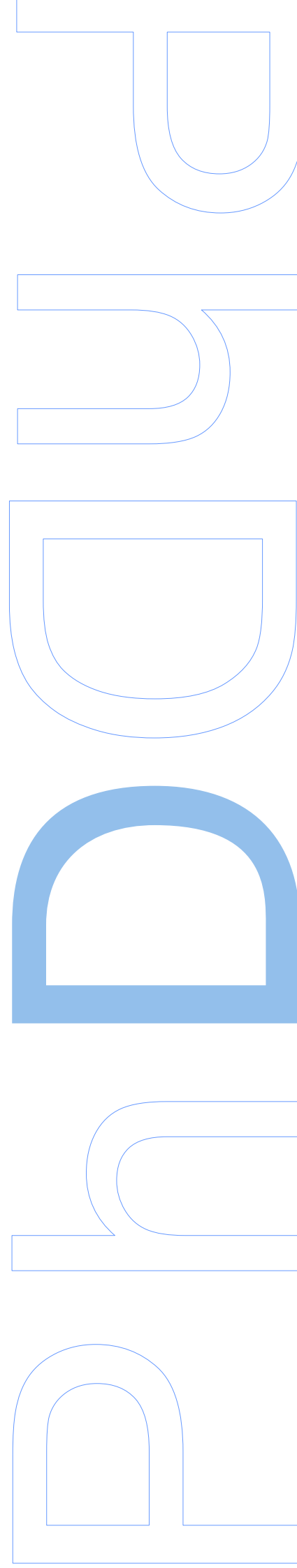
**A Vegetação na
Implementação
de Projetos
de Execução em
Arquitetura Paisagista**

**Caracterização e Definição
de Critérios de Avaliação**

Laura Cristina Roldão e Costa

Tese de Doutoramento apresentada à
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Arquitetura Paisagista

2015



A Vegetação na Implementação de Projetos de Execução em Arquitetura Paisagista

Caracterização e Definição de Critérios de Avaliação

Laura Cristina Roldão e Costa

Doutoramento em Arquitetura Paisagista

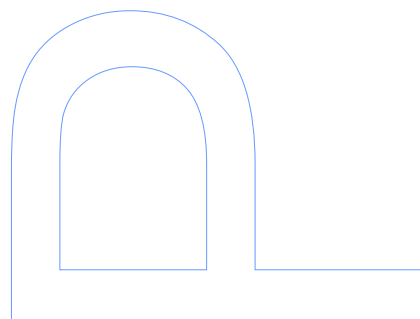
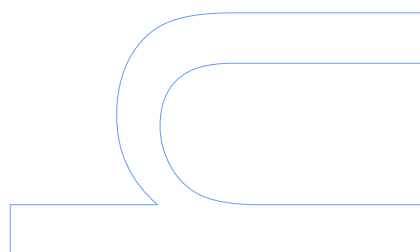
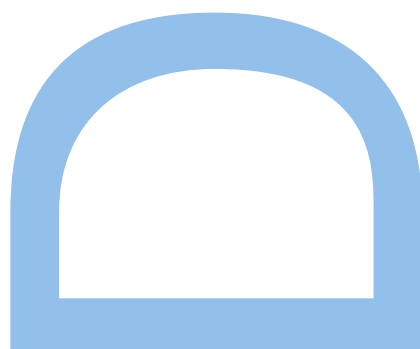
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2015

Orientador

Doutor Luís Paulo de Almeida Faria Ribeiro, Professor Auxiliar, ISA/UL

Coorientador

Doutora Maria Teresa Lencastre de Melo Breyner Andresen, Professora Catedrática, FCUP



NOTA PRÉVIA

A arborização tem sido um tema sempre presente no meu percurso profissional por o considerar ser dos temas que mais obriga a pesquisa, reflexão e capacidade de antevisão do que se pretende em cada espaço quando se planeia ou projeta. Dado o interesse nesta temática as minhas Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica realizadas em 2007 refletiram sobre: “A Vegetação e os Edifícios – Práticas para a aplicação do material vegetal atendendo a princípios de sustentabilidade”, e na prática profissional sempre utilizei e considerei a vegetação como o principal material de construção dos projetos de Arquitetura Paisagista. A oportunidade de investigar sobre arborização foi considerada estimulante e enriquecedora quer para o meu percurso académico, quer profissional. No entanto, refletir sobre Projetos de Integração Paisagística e empreitadas de construção de espaços verdes tendo por caso de estudo uma intervenção de elevada complexidade como é o metro do Porto está longe de ser uma tarefa fácil pela abrangência de áreas, disciplinas e dados que obriga a considerar. Para que o pudesse fazer ao longo destes anos muitos foram os que me ajudaram, pelo que não posso deixar de agradecer aos meus orientadores Professor Doutor Luís Paulo Ribeiro e Professora Doutora Maria Teresa Andresen todo o saber, experiência, dedicação, disponibilidade, apoio e estímulo que me ofereceram. As suas críticas, orientação e horas dedicadas de trabalho foram fundamentais para a concretização da presente dissertação.

Terei também de agradecer à Professora Doutora Maria Emília Silva a sua disponibilidade, interesse, colaboração e orientação no início da dissertação e ao Professor Doutor José Luís Louzada pelo apoio dado no tratamento dos dados.

Sendo várias as áreas de conhecimento que tive de percorrer pude contar com os conhecimentos enriquecedores de vários colegas sobre diferentes matérias, pelo que agradeço aos colegas de departamento Professor Doutor Domingos Lopes e à Professora Doutora Paula Seixas Arnaldo as suas contribuições.

A colaboração fundamental e inestimável da Engenheira Marta Neves tornou possível o acesso a um número elevado de dados sobre as empreitadas e manutenção dos espaços verdes do metro do Porto pelo que terei de agradecer o seu permanente acompanhamento em entrevistas e levantamentos de campo como interlocutora da Metro do Porto S.A. À Metro do Porto S.A. um agradecimento especial pela disponibilidade de dados e colaboração incessante.

À Câmara Municipal da Maia e em especial à Engenheira Marta Miranda, Engenheiro Joaquim Quelhas e Arquiteto José Carlos Portugal, Câmara Municipal de Matosinhos, Câmara Municipal de Gondomar e Administração dos Portos do Douro e Leixões S.A. um agradecimento pelo fornecimento de dados sempre que solicitados.

À Doutora Ana Margarida Mota do Arquivo Municipal de Matosinhos, Doutora Natércia França e Doutora Teresa Lima do Arquivo Municipal de Gondomar e Doutora Suzana de Sousa e Silva do Arquivo Municipal da Maia um agradecimento pela ajuda e apoio na procura de documentos e imagens que permitiram entender a evolução da arborização nos concelhos.

Por terem sido fundamentais no levantamento de campo terei de agradecer a Sérgio Pinto e Marisa Dias e ainda ao Sérgio Pinto e Renata Amaral pela colaboração permanente e dedicada na edição gráfica do documento final.

Ao Professor Doutor Shahab Fazal agradeço a disponibilidade de imagens.

Ao el poder de la Palabra agradeço a permissão do uso de imagens.

Aos colegas do curso de Arquitetura Paisagista da UTAD agradeço a ajuda e estímulo permanente.

Um processo de investigação longo só se consegue concluir se forem muitos os que incentivam, ajudam, entendem as ausências e estão permanentemente solidários pelo que fica um agradecimento aos meus amigos e família e muito em especial ao Gaspar por me ter sempre acompanhado nesta tarefa ao longo dos anos.

RESUMO

O crescimento das áreas metropolitanas e os contextos deles resultantes justificam a cada vez maior relevância que a arborização tem vindo a adquirir como elemento qualificador do espaço urbano principalmente quando inserida em corredores verdes.

Planear, projetar, construir e gerir arborização em espaço urbano obriga à observância de fatores que se encontram presentes nestes espaços, podendo ser de origem biótica, abiótica ou resultantes da atividade humana e que podem funcionar como fatores que beneficiam a presença da arborização ou, pelo contrário serem condicionadores da sua presença e desenvolvimento.

A obtenção de Indicadores capazes de informar sobre a instalação, o crescimento e o desempenho de árvores relacionáveis com os fatores que afetam o crescimento das árvores em espaço urbano, constitui um processo relevante para a avaliação do desempenho da arborização em espaço urbano, pelo que foram determinados dois indicadores: o Indicador da Capacidade de Crescimento e Instalação das Árvores em Espaço Urbano (ICICA) e o Indicador de Desempenho das Árvores em Espaço Urbano (IDA).

A aplicabilidade dos Indicadores na avaliação do desempenho dos corredores verdes do metro do Porto nas linhas de Matosinhos, Maia e Gondomar, traduz-se na oportunidade de entender como corredores verdes associados a infraestruturas de mobilidade de escala metropolitana contribuem para a requalificação urbana, continuidade, conectividade e multifuncionalidade ecológica numa oferta de espaços públicos diversificados, conferindo visibilidade ecológica, estética e social a corredores verdes lineares urbanos.

ABSTRACT

With the growing of metropolitan areas and its resulting contexts, the urban forest has become an increasingly important element of the urban space, especially when inserted within greenways.

Planning, projecting, constructing and managing the urban forest requires the observance of several factors, including biotic and abiotic factors, or even factors that result from the human activity. Altogether, these factors could positively influence the presence of the urban forest, or on the contrary condition its presence and development.

Determining indicators capable of predicting tree establishment, growth and performance, which are related to factors that affect the growth of urban trees, constitutes a relevant process for the evaluation of the performance of the urban forest. In this work, two indicators of urban forest performance were developed: an Indicator of the Capacity of Urban Tree Establishment and Growth and an Indicator of Urban Tree Performance.

The applicability of these indicators in the evaluation of the performance of the greenways in the Porto Metro lines of Matosinhos, Maia and Gondomar results in opportunities to understand how the greenways associated to transport infrastructures of metropolitan scale can contribute positively to urban requalification, continuity, connectivity and ecological multifunctionality. By offering diversified public spaces the ecological, aesthetics and social aspects of the linear greenways are enhanced.

NOTA PRÉVIA

RESUMO

ABSTRACT

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Temática, objeto e motivação	2
1.2 Problemática: objetivos e argumento	3
1.3 A opção pela área metropolitana do Porto e pelas linhas de metro de Matosinhos, Maia e Gondomar	6
1.4 Abordagem metodológica	11
1.5 Estrutura do trabalho	12
 CAPÍTULO 2. ESTRUTURAS ECOLÓGICAS E ARBORIZAÇÃO	 15
2.1 As Áreas Metropolitanas e o Espaço Urbano	16
2.2 Ecologia e Mobilidade no desenho urbano	20
2.3 Conceito e Evolução das Estruturas Ecológicas Urbanas	34
2.3.1 Origem e conceitos	34
2.3.2 Tipologias	37
2.4. Corredores Verdes	46
2.4.1 Evolução do conceito e definições	46
2.4.2 Tipologias	52
2.4.3 Escala	53
2.4.4 Continuidade e Conectividade	55
2.4.5 Multifuncionalidade	57
2.5. A Arborização dos Corredores Verdes do Metro	58
2.6. A Árvore como elemento Estruturante dos Corredores Verdes e do Espaço Urbano	62
2.6.1 A arborização urbana	64
2.6.2 A arborização no espaço urbano	68
2.6.3 A arborização no Porto, Matosinhos, Maia e Gondomar	74
2.6.3.1 A arborização até ao séc. XIX no Porto	75
2.6.3.2 A arborização no séc. XIX no Porto	78
2.6.3.3 A arborização no séc. XX no Porto	90
2.6.3.4 A arborização no séc. XIX e XX em Matosinhos, Maia e Gondomar	95
2.6.3.5 A arborização no séc. XXI no Porto, Matosinhos, Maia e Gondomar	124

CAPÍTULO 3. A ÁRVORE NO ESPAÇO URBANO **131**

3.1. Comportamento da Árvore no espaço urbano	133
3.1.1 Expectativa de vida da árvore no espaço urbano	133
3.1.2 Mortalidade de árvores jovens em espaço urbano	134
3.1.3 Vigor e Vitalidade das árvores em espaço urbano	142
3.2. Benefícios da presença da árvore em espaço urbano	145
3.2.1. Clima e conforto bioclimático	146
3.2.2. Qualidade do Ar	151
3.2.3. Solos e hidrologia urbana	152
3.2.5. Fatores Sociais, Económicos e Custos com a Vegetação	160
3.2.5.1 Estético/Sensoriais	161
3.2.5.2 Sociais	164
3.2.5.3 Culturais	167
3.2.5.4 Patrimoniais	168
3.2.5.5 Saúde Pública	169
3.2.5.6 Custos e valor das árvores	175
3.3. Condicionantes ao desenvolvimento da árvore em espaço urbano	180
3.3.1. Clima	181
3.3.2. Qualidade do ar	184
3.3.3. Radiação	189
3.3.4. Solos	191
3.3.5. Água	196
3.3.6. Pragas	200
3.3.7. Forma natural da árvore	206
3.3.8. Podas em ramos e troncos	208
3.3.9 Feridas em troncos, ramos e colo	215
3.3.10. Vandalismo	222

CAPÍTULO 4. METRO DO PORTO: DE UMA INFRAESTRUTURA LINEAR A UM CORREDOR VERDE **225**

4.1 O Metro como opção de meio de Transporte Público Urbano e Metropolitano	227
4.1.1 Estudos de caso: Os Metros de Estrasburgo e Bordéus	229
4.2 Duas décadas de Metro do Porto	233
4.2.1 Os Transportes Públicos e seu Planeamento até à chegada do Metro do Porto	235
4.3 Transportes Públicos, Demografia e Movimentos pendulares no Porto, Matosinhos, Maia e em Gondomar	240
4.3.1 Movimentos pendulares em Matosinhos, Maia e Gondomar	249
4.4 O Metro: Infraestrutura geradora de Espaço Público e de Corredores Verdes	261

4.4.1 Os projetos de Inserção Urbana do Metro em Matosinhos, Maia e Gondomar	261
4.4.2 Os projetos de Integração Paisagística do Metro em Matosinhos, Maia e Gondomar	264
4.4.2.1 Projetos de Integração Paisagística do Metro em Matosinhos	265
4.4.2.2 Projetos de Integração Paisagística do Metro na Maia	268
4.4.2.3 Projetos de Integração Paisagística do Metro em Gondomar	270
4.4.3 Processo construtivo e custos associados ao Metro de Matosinhos, Maia e Gondomar	274
4.4.4 Metro de Matosinhos, Maia e Gondomar como Corredor Verde	276
4.4.5 Tipologias de espaços públicos nos Corredores Verdes do Metro de Matosinhos, Maia e Gondomar	278

CAPÍTULO 5 – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS ÁRVORES E DOS CORREDORES VERDES DO METRO DO PORTO	283
5.1 Amostragem e Obtenção de Dados	285
5.2 Tratamento dos Dados obtidos na Amostragem	293
5.3 Indicador da Capacidade de Instalação e Crescimento das Árvores em Espaço Urbano/1ª avaliação	294
5.3.1 Avaliação dos acréscimos médios anuais de perímetro à altura do peito e de alturas das árvores	295
5.3.2 Classificação da Mortalidade e da Vitalidade	301
5.3.3 Resultados	307
5.4 Indicadores de Desempenho das Árvores/2ª avaliação	310
5.4.1 Solo	311
5.4.2 Compactação do Solo	322
5.4.3 Radiação	327
5.4.4 Água	333
5.4.5 Pragas	337
5.4.6 Ações mecânicas provocadas pelo Homem	339
5.4.6.1 Forma natural da árvore	340
5.4.6.2 Poda	343
5.4.6.3 Feridas nos troncos	348
5.4.6.4 Feridas no colo	351
5.4.6.5 Vandalismo	356
5.4.7 Indicadores de Desempenho das Árvores em Espaço Urbano	361
5.5 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes do Metro do Porto/3ª Avaliação	364
5.6 Conclusões	410

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES	413
6.1 – Conclusões	414
BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS	419
ÍNDICE DE FIGURAS	443
ÍNDICE DE QUADROS	449
ANEXOS	
ANEXO A – Tipologias de Espaço Público e Plantação de Árvores nas linhas de metro do Porto	
ANEXO B – Levantamento de Campo – Aspetos considerados	
ANEXO C – Clima e qualidade do ar	
ANEXO D – Acréscimos médios anuais de pap e altura por espécie (cultivar, híbrido)	

CAPITULO 1. INTRODUÇÃO

1.1 TEMÁTICA, OBJETO E MOTIVAÇÃO

A estrutura ecológica é um sistema da maior importância, quer sob o ponto de vista da função quer da estrutura, nomeadamente pelas múltiplas funções que desempenha assegurando a conservação dos recursos naturais. A nível estrutural tem também um papel estratégico na definição da forma dos espaços e na respetiva legibilidade. Planear, projetar, construir e gerir estruturas ecológicas em espaço urbano obriga à observância de fatores que se encontram presentes nestes espaços, podendo ser de origem biótica, abiótica ou resultantes da atividade humana e que podem funcionar como fatores que beneficiam a presença das estruturas ecológicas ou, pelo contrário serem condicionadores da sua presença e desenvolvimento. O espaço urbano que nos chega hoje resulta da evolução da diversidade de usos que lhe foram dados no passado e dos que lhe são atribuídos atualmente pelo que o crescimento das áreas metropolitanas e os contextos deles resultantes justificam a relevância cada vez maior que a estrutura ecológica tem vindo a adquirir como elemento qualificador da paisagem.

A arborização esteve sempre presente nos espaços urbanos, mas foi a partir do século XIX que adquiriu maior relevância tendo-se progressivamente transformado num componente estruturante e integrante do desenho do espaço urbano, constituindo-se como elemento primordial na articulação dos diferentes contextos espaciais sendo um suporte incontornável da constituição da estrutura ecológica.

A presente dissertação tem como objeto central a arborização da estrutura ecológica ao nível metropolitano e particulariza as oportunidades emergentes resultantes da interpretação das linhas de metro da Área Metropolitana do Porto (AMP) enquanto corredor verde. Subjacente à motivação para esta investigação encontra-se o princípio de que árvores devidamente instaladas, competentes para se adaptarem às condicionantes impostas pelo ambiente urbano, como a impermeabilização e a compactação do solo ou as de natureza climática, por exemplo, são uma garantia para um bom desempenho do seu crescimento assegurando a qualidade da paisagem urbana e a qualidade de vida dos utilizadores.

A motivação imediata para esta dissertação vem do envolvimento da autora na qualidade de arquiteta paisagista nos Projetos de Integração Paisagística do projeto do metro do Porto, nomeadamente nas linhas que atravessam os concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar, durante os anos 2001 a 2007. Tendo assim a autora participado na conceção do espaço público de uma infraestrutura metropolitana que incluiu a plantação de 2289 árvores, procedeu a um exaustivo levantamento de campo que permitiu a observação do desempenho das árvores suportado pela medição dos acréscimos médios anuais das árvores com base em dois parâmetros: perímetro à altura do peito (pap) e altura e em diversas ações de observação visual. Este levantamento de campo suportou uma base de dados vasta que alimenta o trabalho experimental que se apresenta.

1.2 PROBLEMÁTICA: OBJETIVOS E ARGUMENTO

Em Portugal, a implantação de redes ferroviárias e rodoviárias e o sistema de transporte público a elas associado têm vindo a ter um forte reflexo na expansão do espaço edificado e consequentemente nas transformações da paisagem desde o século XIX, emergindo permanentes tensões entre os espaços urbanos consolidados e os espaços urbanos fragmentados. Os limites entre municípios diluíram-se assim como as fronteiras entre o espaço urbano e o espaço rural. É nesta interface entre os espaços urbanos consolidados e fragmentados que a estrutura ecológica se torna um instrumento estratégico na legibilidade da paisagem e na salvaguarda de valores ecológicos, sociais e culturais. A estrutura ecológica e a arborização urbana, quando inseridas nos espaços urbanos de elevada complexidade de usos e morfologias - como as áreas metropolitanas - oferecem um conjunto vasto de mais-valias e que resumidamente se consideram ser:

- i. melhoria do ambiente químico e físico do ar, água e solos, hidrologia urbana, amenização microclimática e redução das necessidades energéticas dos aglomerados;
- ii. proteção dos recursos naturais destacando-se o solo, água e biodiversidade;

- iii. valorização formal e funcional pelo estabelecimento de continuidade, hierarquia, limites, escala, pontos de interceção/referenciação e tipologias de espaço público;
- iv. requalificação estética e bioclimática contribuindo para maior conforto na utilização destes espaços e realização de maior número de atividades;
- v. benefícios relacionados com a saúde pública e socioeconómicos oferecendo às populações melhores índices de bem-estar;
- vi. valorização do património natural e construído e promoção dos valores culturais.

Em todos os aspetos referidos, a contribuição da arborização é relevante e implica que, sabendo-se que os espaços urbanos apresentam características diferentes dos espaços naturais e rurais, a sua instalação, crescimento e desenvolvimento até ao estado de maturidade se realizem num número inferior de anos devido às dinâmicas próprias do espaço urbano como sejam as obras de requalificação, a construção de edifícios ou a instalação de infraestruturas. Efetivamente, a idade expectável das árvores em espaço urbano é inferior em relação às árvores em espaço natural e mesmo rural, em resultado de todas as condicionantes a que estão sujeitas tais como a má qualidade do ar, solos incipientes e compactados, défice hídrico, podas ou vandalismo.

Esta dissertação tem por objetivo definir indicadores que sirvam à avaliação do desempenho das árvores jovens plantadas em ambiente urbano particularizando a circunstância da sua instalação em corredores verdes associados a infraestruturas ferroviárias e rodoviárias de escala metropolitana enquanto tipologia de espaço verde público integrante da estrutura ecológica. Considera-se que a obtenção de indicadores capazes de informar sobre o desempenho das árvores relacionáveis com os fatores que afetam o crescimento das árvores em espaço urbano constitui um processo relevante para uma gestão e manutenção eficazes dos espaços verdes sob o ponto de vista ecológico, estético e económico assim como para o exercício de planeamento e projeto informado e qualificado.

São vários os estudos nacionais e internacionais sobre o desempenho da arborização em espaço urbano, mas a possibilidade de relacionar os acréscimos anuais em função da espécie e dos fatores presentes em espaço urbano condicionantes desses acréscimos é um tema mal representado. Por acréscimo, no âmbito desta dissertação, entende-se o crescimento medido na árvore entre o ano de instalação e o ano de medição

enquanto o acréscimo médio anual da árvore corresponde à razão entre a diferença dos crescimentos verificados entre o ano de instalação e o ano de medição e o número de anos entre a instalação e a medição. Por acréscimos médios anuais por espécie entendem-se as médias dos acréscimos médios anuais das árvores medidas por espécie.

Considerou-se que, a partir de pesquisa sobre experiências internacionais e nacionais referidas em bibliografia e da experiência em Projetos de Arquitetura Paisagista - nomeadamente os de integração paisagística - obras de construção de espaços verdes e fiscalização de manutenções de espaços verdes na AMP, se pode identificar um conjunto de fatores bióticos, abióticos ou humanos (derivados da ação voluntária ou involuntária do homem sobre as árvores como a alteração da forma natural da árvore, podas, feridas, tutoragens, vandalismo) que podem sustentar a definição de indicadores de desempenho.

O tempo é também um fator determinante no sucesso da arborização urbana. As árvores necessitam de tempo para crescer, desenvolver e atingir a maturidade seguindo-se o seu declínio. Em espaço urbano, dadas as condicionantes e objetivos pretendidos com a plantação da arborização, as árvores tendem a viver menos anos comparativamente ao espaço rural ou natural. Podendo as árvores viver centenas de anos, uma árvore em espaço urbano tem um ciclo de vida médio de cerca de 40 a 60 anos (Foster e Blaine, 1978; Arnold, 1993; Pauleit *et al.*, 2002). Por outro lado, os ciclos de substituição das árvores no espaço urbano são também curtos por diversos motivos – desde as implicações resultantes da frequência de obras de renovação do espaço público, sejam de reabilitação sejam de conservação, às consequências das referidas condicionantes que contribuem para uma morte ou declínio precoces. As substituições implicam, entre outras consequências, alterações significativas na legibilidade do espaço público.

As infraestruturas ferroviárias e rodoviárias projetadas em ambiente urbano/metropolitano quando entendidas como projetos integrados de requalificação urbana promotores do espaço público – em quantidade e em qualidade - potenciam o seu entendimento e a sua construção enquanto corredores verdes em que a arborização, pela sua expressão linear, constitui um elemento estratégico de conectividade e também de multifuncionalidade espacial. As infraestruturas ferroviárias e rodoviárias podem assim ser encaradas como corredores verdes metropolitanos e parte integrante da estrutura ecológica com um papel significativo na articulação entre espaços urbanos consolidados e os fragmentados.

As linhas do metro do Porto tiveram como génese uma estratégia de requalificação urbana acabando por se tornar num projeto de oferta de espaço público arborizado linear

constituindo corredores verdes metropolitanos. A arborização tornou-se assim um elemento estratégico de conectividade, legibilidade, e multifuncionalidade, inserida nos Projetos de Integração Paisagística, e corresponde a um investimento expressivo. No entanto, as árvores estão sujeitas às condições de adversidade intrínsecas ao espaço urbano e que se refletem sobre o seu desempenho sendo que se está perante um conjunto diversificado de espécies (cultivares e híbridos) com características muito distintas. A arborização do metro do Porto constitui assim um capital ainda jovem e um património a preservar. Antecipando que as árvores terão um ciclo de vida comparativamente curto e estão sujeitas a mortalidade em taxas superiores a condições de não-urbanidade, a monitorização do seu desempenho com base em indicadores constitui uma ferramenta incontornável para uma gestão eficaz, sustentável e inteligente e também para o planeamento e projeto do espaço público.

1.3 A OPÇÃO PELA ÁREA METROPOLITANA DO PORTO E PELAS LINHAS DE METRO DE MATOSINHOS, MAIA E GONDOMAR

Sendo o Porto gerador da maior centralidade da AMP, os concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar - que se encontram imediatamente adjacentes a norte - são aqueles onde foram realizados os maiores investimentos de infraestruturas públicas e se instalaram transportes públicos desde o séc. XIX. Estes concelhos foram os que mais rapidamente sofreram a influência de processos de expansão do espaço urbano, resultando novas centralidades e fragmentação dos aglomerados, apresentando atualmente paisagens urbanas de grande complexidade. O metro do Porto abrange atualmente sete municípios da AMP tendo-se identificado como objeto desta dissertação três linhas nos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar, pelas seguintes razões (Figura 1.1):

- Matosinhos e Maia foram as primeiras linhas a serem construídas e a arborização em algumas situações já atingiu o período de pós-instalação e Gondomar foi a última com uma grande representatividade da arborização, embora em 2009 - na altura do levantamento de campo - a arborização apenas estava em projeto mas tinha seguramente beneficiado das aprendizagens antecedentes.

- as equipas técnicas dos projetos das linhas estiveram sempre envolvidas significando uma garantia de registos de acompanhamento de projetos, processos construtivos e ações de manutenção havendo grande fiabilidade dos dados fornecidos.
- os três concelhos confrontam diretamente a Norte com o município do Porto, apresentando diferentes tipologias de espaço urbano resultantes de diferentes processos de desenvolvimento urbanístico, industrial e social e em diferentes períodos temporais.
- os Planos Diretores Municipais (PDM) de 2ª geração destes concelhos estão em desenvolvimento ou aprovados estando as suas Estruturas Ecológicas a ser implementadas;
- as principais infraestruturas e áreas industriais da AMP estão inseridas nestes concelhos havendo grande intensidade de movimentos pendulares (porto de Leixões, aeroporto Francisco Sá Carneiro, área industrial da Maia e Matosinhos, caminhos de Ferro CP (Porto) / forte relação com Gondomar) estando estes movimentos pendulares relacionados com o crescimento e aumento da densidade urbana ao longo do séc. XX.

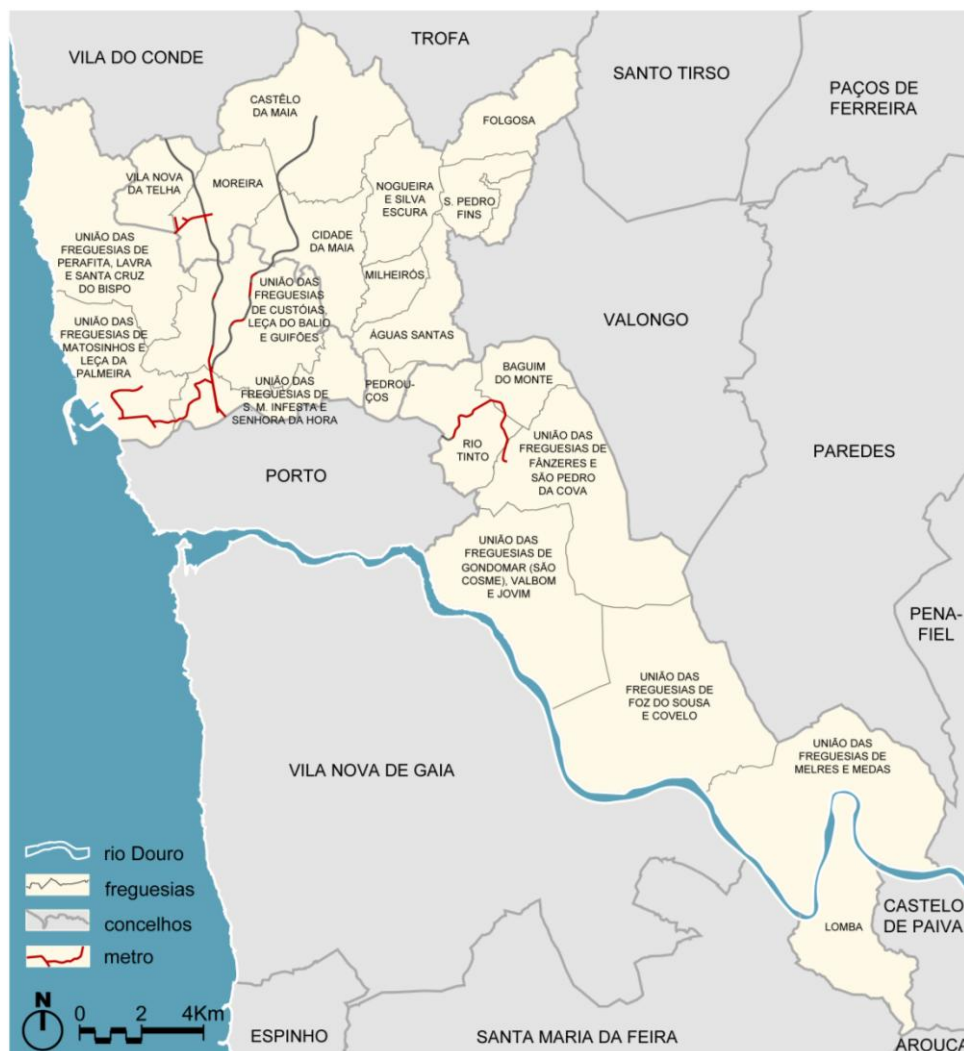


Figura 1.1 Localização das linhas e estações em estudo (marcados a vermelho) em Matosinhos, Maia e Gondomar

Na década de 90 do século passado surgiu uma nova visão para a mobilidade na AMP iniciando-se o processo que conduziu à construção do metro do Porto, em sistema misto (superfície e enterrado), constituindo-se este projeto como uma oportunidade de requalificação dos espaços urbanos da AMP. As primeiras linhas de Metro projetadas e construídas atravessaram os concelhos de Matosinhos, Porto e Maia que serviam um elevado número de utentes, assegurando movimentos pendulares, integrando linhas de comboio desativadas e estabelecendo ligações a equipamentos e serviços importantes na AMP. Aspetos de carácter intermodal também foram ponderados tendo especial importância a ligação com as estações de caminho-de-ferro (Campanhã) e o aeroporto Francisco Sá Carneiro garantindo-se as ligações regionais, nacionais e internacionais.

A opção pelo metro do Porto como objeto de investigação desta dissertação com enfoque na sua arborização prende-se com a possibilidade de se interpretar este projeto num conceito mais abrangente que não apenas o de uma infraestrutura, mas como um corredor verde da AMP. Tratando-se da inserção de uma infraestrutura linear de transporte sobre um território complexo, os Projetos de Inserção Urbana e de Integração Paisagística definiram várias tipologias de espaços urbanos arborizados - largos, praças, ruas, via do metro, rotundas e estacionamentos arborizadas, espaços verdes de enquadramento, jardins, e parques – que tendo diferentes objetivos, funções e dimensões definem no seu conjunto arborização continua e um corredor verde ao longo da AMP.

Na Europa Ocidental, com especial incidência ao longo do séc. XX, verificou-se um processo de expansão das cidades para as suas periferias em processos de suburbanização. Também a AMP sofreu um processo de expansão do espaço urbano para as periferias a partir do aglomerado central, a cidade do Porto, tendo aparecido algumas centralidades pontuais a marcar as periferias. Este tipo de expansão “(...) *indiscriminadamente ao sabor do momento e da especulação, sobre o campo e zonas rurais da sua periferia, bem como sobre as aldeias e vilas próximas, conforme as redes de comunicação as vão unindo*” (Viana-Barreto, 1998: 26) sem ser devidamente articulado, apresenta como resultado final, conjuntos desarticulados onde elementos que habitualmente constituem a malha urbana, como sejam o caso dos espaços públicos (ruas, praças, largos, jardins) não existem, são insuficientes ou não se encontram devidamente dimensionados e, ou, enquadrados.

As cidades ou vilas próximas da cidade principal e detentoras de identidade e vivências próprias vão sofrendo fenómenos semelhantes de expansão e de crescimentos periféricos, quase sempre resultantes da melhoria das acessibilidades que vão sendo construídas, constituindo-se progressivamente uma área metropolitana onde *“Aos núcleos tradicionais dos principais centros urbanos, contidos e com identidade – de que se podem destacar o Porto, Vila Nova de Gaia, Matosinhos, Gondomar, Santa Maria da Feira, Oliveira de Azeméis e S. João da Madeira, juntaram-se nos últimos decénios extensas manchas habitacionais, industriais e de serviços, bem como construções dispersas em áreas com um uso agrícola ou florestal dominante. A força destas transformações relativamente recentes que foram acompanhadas pela construção de novas e enormes infra-estruturas de transportes, modificou drasticamente as paisagens, que surgem agora com graves problemas funcionais e ambientais”* (Cancela d’Abreu et al., 2004^b: 195).

Para Andresen (2006) entre o séc. XIX e o 25 de Abril de 1974 as grandes mudanças verificadas na paisagem da AMP resultam essencialmente da perda de importância do mundo rural que vai dando lugar progressivamente ao aparecimento da indústria transformadora e, conseqüentemente, à deslocação das populações para os locais onde se concentravam as ofertas de trabalho na indústria (cidades/aglomerados) havendo, no entanto, uma aposta na competitividade baseada em mão de obra intensiva, barata e pouco qualificada. A mão-de-obra barata que é utilizada no tecido industrial, nomeadamente nos têxteis, deve-se ao “proletariado” do Norte que nunca abandona as suas hortas e campos funcionando como elemento complementar do seu salário. As indústrias eram construídas nos locais que ofereciam melhores condições para a sua implantação: solos disponíveis, acessibilidades, mão-de-obra, matérias-primas e capacidade de escoamento de resíduos.

Nos concelhos do Porto, Matosinhos e Maia, a partir de meados do séc. XX, são realizados grandes investimentos em infraestruturas públicas de grande relevo à escala local e regional sendo alguns até de relevância nacional: autoestradas (A1 ligação Porto - Carvalhos) e vias rápidas (década de 60: via Norte, 1ª fase da Via de Cintura Interna e avenida Marechal Carmona, porto de Leixões (Doca nº 1 em 1932; nº 2 em 1956 e nº 3 e nº 4 nas décadas de 70 a 90); aeroporto Francisco Sá Carneiro (1945) e ponte da Arrábida (1963) (J.A.E.1987; Cleto, 1998; Madureira, 2008).

Após adesão de Portugal à Comunidade Económica Europeia (CEE), em 1985 a região Norte passa a receber fundos estruturais para o investimento em várias áreas levando muitos municípios a fazer investimentos em redes de saneamento e abastecimento de água, redes de tratamento de águas residuais e lixos e redes rodoviárias criando-se a A24, a A27, ampliação da A4, a VRI e continua-se a melhorar algumas das infraestruturas de importância nacional já construídas, como são o caso do porto de Leixões, aeroporto Francisco Sá Carneiro e da linha ferroviária Lisboa – Porto.

Estas intervenções realizadas nos vários concelhos da AMP, principalmente as associadas à expansão das redes rodoviárias, estimularam a expansão urbana alterando rápida e drasticamente paisagens que foram construídas ao longo de séculos perdendo-se nestes processos as referências do passado.

Considera-se que a paisagem urbana é o resultado visível de processos de interação entre fatores abióticos, bióticos e humanos, adquirindo “(...) *uma configuração particular do relevo, coberto vegetal, uso do solo e povoamento, a que corresponde uma certa coerência nos processos e actividades naturais, históricas e culturais. (...) Esta combinação confere a cada paisagem um determinado carácter que está continuamente em mudança, mas é única para cada lugar, e tem um papel preponderante no estabelecimento da identidade local*” (Cancela d’ Abreu et al., 2004^a: 28).

Quando perante paisagens humanizadas complexas e dinâmicas torna-se fundamental que a arborização inserida em corredores verdes defina configurações no desenho urbano que estabeleçam valores ecológicos, estruturais e sociais de modo a tornar a estrutura ecológica duradoura. Em estudos e inquéritos realizados para a AMP verifica-se que a população em geral revela críticas em relação às paisagens onde vive. O mesmo estudo apresentou nos inquéritos à pergunta “o que gostariam de ter em redor da sua casa?” os seguintes resultados: 68% Jardins; 8,9% Campo, um valor semelhante para Mar e Praias e 7,9% para Equipamentos Desportivos. Neste relatório lê-se: “O *bem-estar residencial*” parece estar relacionado, acima de tudo, com a existência de campos cultivados, casas dispersas no campo, jardins privados/quintais, bem como zonas verdes e bairros de moradias. Em contraste, o grau de satisfação diminui à medida que se densifica a construção e o trânsito e, mais ainda, perante a degradação causada por barracas, lixeiras e fábricas – os elementos considerados mais repulsivos enquanto envolvente residencial” (Valente, 2004: 20).

1.4 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A presente dissertação desenvolve-se numa perspetiva de investigação aplicada visando a obtenção de conhecimento que possa ter aplicabilidade técnica em várias áreas associadas à arborização urbana como seja planeamento, desenho do espaço urbano, gestão e manutenção.

Os trabalhos de investigação aplicada apresentam algumas condicionantes que advêm do facto de se trabalhar em contextos específicos e com amostras específicas, pelo que o conhecimento obtido deverá ser sempre interpretado no contexto da situação estudada.

A metodologia desenvolve-se em duas fases (Figura 1.2). A primeira fase corresponde à revisão bibliográfica das temáticas estrutura ecológica e arborização, a árvore enquanto ser vivo adaptado às condicionantes impostas pela sua utilização em espaço urbano, e sobre os transportes públicos urbanos nos últimos dois séculos, com destaque para a cidade do Porto e a sua envolvente e, finalmente, o historial do Metro do Porto desde os primórdios da década de 90 do século passado. Outro aspeto importante para os propósitos da dissertação tem que ver com o levantamento de campo e a base de dados constituída no seu seguimento.

A segunda fase trata do caso de estudo e consiste em três momentos de avaliação, os dois primeiros focalizados nas espécies (cultivares, híbridos) e o terceiro nos corredores verdes das linhas do metro do Porto. O primeiro momento trata da definição dos Indicadores da Capacidade de Instalação e Crescimento das Árvores (ICICA) sendo avaliados os fatores mortalidade, vigor, vitalidade e tendo como parâmetros principais os acréscimos médios anuais do perímetro à altura do peito (pap) e da altura. O segundo momento consiste na definição dos Indicadores de Desempenho das Árvores em Espaço Urbano (IDA) onde para além dos fatores e parâmetros considerados nos ICICA são observados fatores e parâmetros complementares resultantes de observações visuais do estado sanitário, presença de feridas, desvios da forma ou do porte da árvore e outros.

A terceira avaliação corresponde aos desempenhos das linhas de metro enquanto corredores verdes tendo por objetivo verificar se a arborização aplicada se encontra a desempenhar as funções estruturais, ecológicas, estéticas e sociais pretendidas ao fim de um período de tempo de 10 anos, considerado o período aceitável de maturidade em espaço urbano.



Figura 1.2 – Diagrama metodológico

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho encontra-se organizado em 6 capítulos conforme indicado no Quadro 1.1. O primeiro capítulo reveste-se de carácter introdutório onde se apresenta a temática, os objetivos, o argumento e a metodologia assim como a motivação e o enquadramento geográfico da paisagem em estudo.

Os três capítulos seguintes apresentam revisões bibliográficas sobre temáticas distintas de suporte aos objetivos.

O segundo capítulo dedica-se aos conceitos, definições e princípios teóricos sobre estruturas ecológicas, corredores verdes e arborização. Este capítulo reflete sobre a arborização e a definição dos corredores verdes e estruturas ecológicas em espaço urbano enquanto elementos fundamentais na definição da legibilidade do espaço urbano. Faz também uma reflexão sobre a evolução da arborização nos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar.

O terceiro capítulo apresenta os principais benefícios e condicionantes resultantes da presença das árvores em espaço urbano ponderando-se fatores ambientais, sociais e económicos. Ao longo do capítulo expõem-se conceitos, definições e princípios teóricos que fundamentam os fatores e parâmetros que irão ser considerados nas avaliações e determinação dos indicadores.

O quarto capítulo dedica-se aos transportes públicos pelo que se faz um breve historial do planeamento e evolução dos transportes públicos na AMP. Também reflete sobre os movimentos pendulares da população da AMP. Sobre o metro do Porto descrevem-se os princípios conceptuais e técnicos que sustentaram a intervenção no espaço público e a arborização e que se encontram nos projetos de Inserção Urbana e de Integração Paisagística do Metro.

No quinto capítulo apresentam-se as avaliações realizadas sobre a arborização presente ao longo dos corredores verdes do metro do Porto de Matosinhos, Maia e Gondomar tendo por base os acréscimos médios anuais de pap e altura. As avaliações permitem determinar os ICICA e os IDA das espécies (cultivares, híbridos) e o desempenho dos corredores verdes do metro do Porto em Matosinhos, Maia e Gondomar.

Por fim, no capítulo seis expõem-se as conclusões que demonstram a oportunidade das infraestruturas de mobilidade se constituírem como corredores verdes lineares onde a arborização associada a espaço público contribui para a melhoria da qualidade do ambiente urbano e bem-estar das populações.

Quadro 1.1 – Estrutura do trabalho

Cap. 1	Introdução	Conteúdos gerais
Cap. 2	Estruturas Ecológicas e Arborização	Estruturas ecológicas, corredores verdes e arborização: princípios e conceitos; Evolução da arborização nos concelhos do Porto, Matosinhos, Maia e Gondomar.
Cap. 3	A Árvore no Espaço Urbano	Benefícios da arborização em espaço urbano: fatores abióticos, bióticos, sociais e económicos; Condicionantes ao desenvolvimento da arborização em espaço urbano: fatores abióticos, bióticos e humanos.
Cap. 4	Metro do Porto: de uma Infraestrutura Linear a um Corredor Verde	Os transportes públicos na AMP; Projetos de Inserção Urbana e de Integração Paisagística em Matosinhos, Maia e Gondomar; Metro como infraestrutura geradora de Corredor Verde.
Cap. 5	Avaliação do Desempenho das Árvores e dos Corredores Verdes do Metro do Porto	Avaliação dos acréscimos médios de pap e altura; Determinação de Indicadores; Determinação de Desempenho dos Corredores Verdes.
Cap. 6	Conclusões	

CAPITULO 2. ESTRUTURAS ECOLÓGICAS E ARBORIZAÇÃO

2.1 AS ÁREAS METROPOLITANAS E O ESPAÇO URBANO

As áreas metropolitanas surgem, regra geral, a partir das cidades consolidadas por acumulação ao longo dos tempos de diferentes visões e modelos urbanos, alteração dos padrões industriais de produção e consumo e sobreposição de processos de decisão da sociedade.

Este processo de metropolização levou ao aparecimento de paisagens com características próprias que, segundo Chalas (*cit. in* Andresen, 2006: 22), podem ser resumidas como territórios resultantes de alianças de cidades interdependentes, sendo policêntricos, incorporando cidades grandes e pequenas que funcionam na base de redes de centralidades com diferentes importâncias e não de espaços aureolares com polos bem hierarquizados. São territórios polarizados, assentando essas polaridades tanto no centro como na periferia, sendo que as fronteiras são fluidas e em constante movimento levando a que as paisagens se misturem em agregados onde convivem o urbano, o periurbano e o rural. O urbano e o rural não se opõem como dois mundos contrastados mas interpenetram-se, os campos são urbanos e a natureza e a agricultura surgem no coração das cidades. A natureza e o passado rural adquirem o estatuto de uma nova monumentalidade, eles funcionam como lugares de memória para os habitantes. O não edificado é mais estruturante do que o edificado pelo que determinam e dão forma aos espaços construídos. Não se consegue fazer a separação entre a “cidade” e a “não-cidade”.

Neste processo de perda de limites entre a cidade e o campo passam-se a ter “paisagens urbanizadas” nas “entrecidades” (Sieverts *cit. in* Innerarity, 2010: 127). Estes espaços nem são campo nem cidade, nem centros nem periferias mas neles vivem muitas pessoas e desenvolvem-se muitas atividades. A “urbe” e a designada “zona rural”, agora sem fronteiras definidas, constituem um conjunto de manchas anárquicas que criam uma “nova paisagem ainda não apropriada e à qual ainda nem sabemos como nomear” (Andresen, 2006: 24) e onde não foram atendidos os princípios de funcionamento do território.

O espaço metropolitano deu origem a paisagens que passaram a integrar: “(...) *sistemas de elevada complexidade com diversos sistemas produtivos, uns bióticos (como matas, pomares, searas, prados, charnecas, rios, lagoas e mares) utilizados na fixação de energia solar (sob as múltiplas formas em que ela é indispensável à vida humana), e outros físico-mecânicos (como as estruturas de habitação e abrigo, as redes viárias e de portos, aeródromos e telecomunicações, as áreas de estabelecimentos fabris, armazéns e estaleiros materiais, as estruturas para funções de ensino, protecção da saúde, recreação, administração, defesa, etc.*” (Araújo, 1997: 124).

Nesta diversidade de usos do solo em contexto metropolitano e não se encontrando contraste e delimitação entre a zona rural e urbana podem-se encontrar nestas paisagens diferentes morfologias de espaços urbanos que se podem designar de espaço urbano consolidado e espaço urbano fragmentado.

Neste entendimento da organização espacial metropolitana, definem-se como espaços urbanos consolidados os espaços urbanos de maior dimensão e densidade, com crescimentos contíguos e relativamente ordenado e legível e por espaço urbano fragmentado o espaço onde é quase impossível “*precisar forma, limites e padrões estáveis e legíveis de estrutura*” apresentando muitas escalas e que “*responde a modos diferentes da territorialização contemporânea da(s) sociedade(s)*” (Domingues, 2011^a: 35).

São várias as razões apontadas como sendo geradoras destes processos e que os mantêm em constante dinamismo provocando tantas e tão vastas alterações funcionais e morfológicas na paisagem.

Para François Ascher (2010), as principais causas que deram origem a novas morfologias e funções na paisagem urbana são: existência de uma grande cidade, facilidade de mobilidade, gosto das populações pela casa individual com jardim, alteração das tipologias de trabalho e necessidade de concentração de atividades nas zonas urbanas tornando-as mais competitivas no “*mercado global das cidades*”. Ainda refere que o desejo de se ter uma casa com jardim justifica o elevado e disperso número de construções nas periferias dos núcleos urbanos, implicando deslocações diárias, por vezes em distâncias significativas entre a residência e o local de trabalho. Estudos sociológicos e de mercado em França evidenciam que grande parte da população deseja habitar numa “*verdadeira*” casa individual, com jardim e, se possível, num contexto que evoque o menos possível a cidade.

Também em Portugal se verifica ser esta uma das razões que tem levado ao aparecimento de um grande número de construções nas periferias, tendo Valente (2004: 20) assinalado que “(...) o bem-estar residencial parece estar relacionado, acima de tudo, com a existência de campos cultivados, casas dispersas no campo, jardins privados/quintais, bem como zonas verdes e bairros de moradias. Em contraste, o grau de satisfação diminui à medida que se densifica a construção e o trânsito e, mais ainda, perante a degradação causada por barracas, lixeiras e fábricas”.

No mesmo estudo, quando questionados sobre “o que mais gostariam de ter à volta de casa?” obteve-se como respostas para a AMP que eram jardins (68%), seguindo-se o campo e mar e praias com a mesma percentagem de 8,9% e, por fim, equipamentos com 7,9% (Valente, 2004). Os que habitam os espaços urbanos desejam viver junto a áreas naturalizadas, na pretensão de poder desfrutar de ambientes mais saudáveis e na proximidade da “natureza”. Os espaços mais periféricos ganham poder atrativo sobre as populações, principalmente para aqueles que consideram ser possível poder viver em harmonia com a natureza sem ter que perder as vantagens da vida urbana.

Outros autores e publicações *Global City* (Sassen, 1991); *Technopolis of the World – The Making of 21 st Century Industrial Complexes* (Castells e Hall, 1994); *Metapólis* (Ascher, 1995) e *Postmetropolis* (Soja, 2000) sobre as razões do crescimento e dinâmicas da expansão urbana valorizam a influência dos fatores económicos, tecnologia da informação, comunicação e “*hibridismo cultural*” (Madureira 2008: 92).

O desenvolvimento das redes ferroviárias e rodoviárias de qualidade e a descentralização de zonas industriais, desportivas e comerciais também são apontadas como geradoras do crescimento urbano para as periferias porque oferecendo e diversificando os postos de trabalho levam a uma maior descentralização dos centros urbanos (Ascher, 2010). A mobilidade é assim apontada como uma das causas da metropolização sendo a sua implantação e tipologia resultado da racionalidade económica, tecnologias e infraestruturas, verificando-se a expansão da construção em todas as direções, “a cidade dissolve-se na mesma proporção em que a mobilidade aumenta” (Innerarity, 2010: 127) pelo que as características quanto à função e estrutura que cada espaço urbano atualmente oferece são distintas, tal como a complexidade e a dimensão.

O processo de crescimento dos espaços urbanos terá tendência a continuar pois, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (World Health Organization, 2014), em 2014 metade da população mundial vive em áreas urbanas (54%), mas em 2050 prevê-se que 64,1% e 85,9% da população dos países em desenvolvimento e desenvolvidos,

respetivamente, passe a viver em espaços urbanos. Atualmente, por ano, cerca de 60 milhões de pessoas passam a residir em espaços urbanos. Estima-se que a população urbana global deverá crescer cerca de 1,84% ao ano entre 2015 e 2020, 1,63% ao ano entre 2020 e 2025 e 1,44% ao ano entre 2025 e 2030. No entanto, o crescimento dos espaços urbanos não será igual em todos as regiões do mundo prevendo-se um maior crescimento das zonas urbanas nos países em desenvolvimento e um menor crescimento nos países desenvolvidos (World Health Organization, 2014).

Face às previsões do crescimento demográfico urbano necessariamente se terá de refletir sobre que modelos de crescimento e desenvolvimento urbanístico serão mais adequados, considerando-se os fatores ecológicos, sociais e económicos. Vários autores têm vindo a refletir ao longo do séc. XX, especialmente na última metade do século, sobre modelos de desenho do espaço urbano. Helena Madureira (2008; 2011) ponderando sobre esta mesma temática, agrupou da seguinte forma as três grandes tendências:

- modelos que defendem a consolidação da cidade compacta – Policêntricos. Newman e Kenworthy (1989); McLaren (1992); Owens e Rickaby (1992); Rogers (1997). Apresentam como principais argumentos para a defesa dos modelos urbanos policêntricos os benefícios ambientais e sociais (menor número de deslocações e consumo de combustíveis e energia, menos poluição, maiores relações de proximidade entre pessoas, serviços e equipamentos). Têm por princípios de ação a contenção do crescimento urbano (menor ocupação e impermeabilização do solo), a reabilitação, a renovação urbana e a promoção de usos mistos. Defendem também que a cidade consolidada corresponde ao crescimento da cidade tradicional e histórica reconhecível pelos indivíduos oferecendo uma identidade coletiva.

- modelos que consideram a tendência atual para a expansão urbana em crescimento fragmentado. Apresentam como principal argumento a inevitabilidade deste tipo de crescimento chegando a afirmar que não é possível a posição às tendências mais profundas da cidade contemporânea (Secchi, 2005). Koolhaas (1995) têm por princípio de ação a aceitação da cidade fragmentada. Para muitos (Breheny, 1992; Van der Valk e Faludi, 1992; Frey, 1999), os fundamentos a favor da compactação são controversos e argumentam que não existem estudos conclusivos que estabeleçam os custos diretos e indiretos de cada uma das formas urbanas e consideram ainda que os fundamentos que são considerados positivos pelos defensores dos modelos policêntricos se tornam negativos na sua perspetiva, sendo exemplos: congestionamento, stresse, concentração de poluentes, assimetrias sociais entre o urbano e o rural. Argumentam ainda não haver clareza na definição nos conceitos que são aplicados e nos indicadores estabelecidos nas avaliações.

- modelos que fazem o compromisso entre a cidade fragmentada e a cidade compacta designada de “*concentração descentralizada*”, “*modelo policêntrico em rede*” ou “*cidade policêntrica*”. Neste modelo “*Defende-se uma cidade ou região multinucleada, bem provida de transportes públicos, composta por múltiplos centros onde as políticas de contenção devem continuar a ser seguidas e onde, uma vez mais, a descentralização deve ser desencorajada*” (Madureira 2011: 34). O sistema policêntrico permite concentrações urbanas de dimensão reduzida podendo-se tirar partido dos aspetos mais positivos de cada modelo havendo menores congestionamentos e consumos energéticos e combustíveis e, consequentemente, menor poluição, proximidade casa trabalho e relações sociais de proximidade mas, havendo diferentes concentrações urbanas não inviabiliza que se possa trabalhar ou viver em espaços urbanos com diferentes densidades (Madureira, 2011).

Havendo diferentes abordagens sobre que modelos podem ser utilizados no crescimento dos espaços urbanos para que se possam constituir como ambiental e socialmente mais equilibrados, verifica-se que em todos são ponderados aspetos relacionados com ecologia e mobilidade pelo que se considera necessário entender quando e como estes conceitos foram introduzidos no pensamento do desenho do espaço urbano.

2.2 ECOLOGIA E MOBILIDADE NO DESENHO URBANO

Ao se entender a paisagem como dinâmica e mutável e integradora de elementos físicos, biológicos e antrópicos, interdependentes, que se influenciam e interagem mutuamente e evoluem conjuntamente, no espaço e no tempo, determinando e sendo determinados pela estrutura global (Forman e Godron, 1986; Magalhães, 2001; Cancela d’Abreu *et al.*, 2004^a) percebe-se o quão necessário é o estabelecimento de equilíbrios que assegurem a manutenção dos processos ecológicos.

Muitos dos componentes da paisagem ocupam espaços próprios e não alternativos, tal como apresentam sistemas de grande valor ecológico como sejam os rios, ribeiras, montanhas, constituindo-se no espaço urbano como condicionantes à construção das edificações e infraestruturas, nomeadamente de mobilidade.

No entanto, dentro de certos limites que não crie ruturas nos sistemas ecológicos, a paisagem pode ser sujeita a alterações que criem oportunidades sociais e económicas de desenvolvimento. Os espaços urbanos de grande complexidade, como são os espaços urbanos fragmentados, que inserem na paisagem elementos naturais e culturais são os que estão sujeitos a permanentes alterações na paisagem por grande ação antrópica pelo que os seus sistemas ecológicos também são sujeitos a permanentes pressões e reequilíbrios.

Neste processo de expansão da urbanização sobre as periferias e gerador do espaço urbano fragmentado, as principais consequências que se fazem sentir a nível ecológico são segundo Farinha Marques *et al.* (2011: 249): “(1) *land disturbance and conversion to impervious surfaces*; (2) *increased temperatures, water run-off and production of carbon dioxide* (Whitford *et al.*, 2001; Bryant, 2006); (3) *removal of native vegetation and introduction of exotic species*; (4) *changes in species composition and species extinction* (McKinney, 2006); (5) *changed water and nutrient cycles* (Bierwagen, 2007); and (6) *degradation, fragmentation and isolation of natural habitats*”. Tem assim o espaço urbano fragmentado grande impacto sobre o funcionamento e equilíbrio dos sistemas ecológicos e biodiversidade pela impermeabilização, substituição de estruturas naturais e homogeneização biótica (Farinha Marques *et al.*, 2011).

Das atuações humanas que maior e mais rápida alteração têm provocado sobre a paisagem e sistemas ecológicos destacam-se as infraestruturas associadas à mobilidade. Estas atuações fazem-se sentir por destruição e fragmentação que levam ao desaparecimento ou desequilíbrio dos ecossistemas (Forman e Godron, 1986).

As alterações na paisagem decorrentes da implantação de infraestruturas de mobilidade fazem-se sentir a partir da revolução industrial mas é após a primeira Guerra Mundial que ocorrem de forma significativa.

A infraestrutura ferroviária em finais do séc. XIX era uma estrutura linear baseada nas estações do destino final e caracterizava-se por ser uma estrutura individualizada de direccionalidade levando ao desenvolvimento dos espaços urbanos associados às estações (Pacheco, 1992^a). Ao longo do séc. XX as abordagens que se fazem sobre as infraestruturas ferroviárias são distintas chegando-se ao início do séc. XXI com estações repletas de multifuncionalidade, linhas que permitem grande intensidade de tráfego, velocidade no transporte e diversidade de soluções (comboio, metro, eléctrico). Os projetos associados à infraestrutura ferroviária, mantendo a estrutura linear contínua característica da ferrovia, passaram a ter multiplicidade de funções, adquirindo a capacidade de integrar na sua estrutura global um amplo leque de usos complementares. Estes novos usos pretendem

configurar novas centralidades que deixam de estar destinadas às estações de destino final, podendo-se dar novos usos e reestruturar o espaço urbano circundante das estações e linha de ferrovia (Busquets, 2007).

No entanto, não foi apenas a infraestrutura ferroviária que se expandiu ao longo do séc. XX promovendo processos de transformação da paisagem. O aparecimento do espaço urbano fragmentado deve-se em muito, à expansão da rede viária, principalmente na segunda metade do séc. XX. A rede de estradas secundárias e nacionais, à qual acresce a rede de vias rápidas e respetivos nós, permitiu assegurar a comunicação entre pessoas e transporte de mercadorias. Desde finais do séc. XIX que se verifica o encurtamento das velocidades de deslocação (melhoria dos traçados e qualidade de pavimentação) e o aumento e melhoria dos sistemas de transporte. Este processo que ocorreu principalmente após a segunda metade do séc. XX levou ao aparecimento do urbano fragmentado, pois o crescimento das edificações não só ocorreu ao longo da rede principal e dos nós como na rede viária capilar. Nesta rede viária coexistem os que circulam e os que habitam no espaço urbano disperso, os que querem mover-se rápido e os que querem mover-se lentamente, estacionar e estar sendo complexa e conflituosa a coexistência (Domingues, 2011^a; 2011^b).

Nesta confusão de objetivos de usos do solo, a mobilidade (rodoviária e ferroviária) tem vindo a contribuir para a descontinuidade dos sistemas ecológicos, perda de significado dos espaços públicos e dispersão do espaço edificado.

Tendo-se a perceção destas alterações na paisagem, a ecologia e a mobilidade têm vindo a ser cada vez mais integradas no desenho urbano. No sentido de melhor se entenderem os conceitos e sua evolução no pensamento e metodologias do desenho urbano sistematizaram-se, sumariamente, um conjunto de reflexões. De entre as várias abordagens que têm vindo a ser realizadas podem-se encontrar três grandes linhas de pensamento:

- i. as que atribuem grande valor à mobilidade e espaços públicos na definição da forma urbana e legibilidade do espaço urbano;
- ii. as que integram a ecologia e os sistemas ecológicos como estruturas definidoras de forma no espaço urbano;

- iii. as que consideram que a diferenciação dos espaços depende mais do capital humano, sistemas ecológicos e variações económicas do que das tipologias de uso atribuídas ao espaço, devendo os planos serem usados para criar cenários possíveis e avaliar consequências, e não serem um fim em si mesmos. Os planos são processos em permanente avaliação a partir dos quais se desenvolvem estratégias.

Apresentam-se alguns autores e publicações que se consideram serem representativos e elucidativos destas várias abordagens de pensamento e metodologias do desenho urbano sistematizando-se, sumariamente, um conjunto de reflexões que têm vindo a ser realizadas ao longo das últimas décadas.

Relativamente aos autores que adotam a primeira abordagem destaca-se Jane Jacobs (1906-2006) que, no seu livro *The Death and Life of Great American Cities* (1961), alertou para os prejuízos na qualidade urbana que as periferias das cidades americanas podiam provocar por levarem ao surgimento de áreas monofuncionais, parques urbanos segregados, excesso de espaços residuais, quarteirões excessivamente longos e falta de definição entre espaços públicos e privados implicando pouca vitalidade. Jacobs defendia que se deveria retomar a rua como espaço onde coexistem todas as funções e todos os grupos etários e sociais (Magalhães, 2001). A rua com coexistência de funções era para Jane Jacobs a solução para uma melhor definição de usos e forma do espaço urbano.

Kevin Lynch (1918-1984) autor da obra seminal *The Image of the City* (1960) defendia que a estrutura que ordena a ocupação e o funcionamento do espaço e que o torna legível promove a criação de um mapa mental em cada indivíduo que lhe dá a noção de onde se situa em relação ao todo. Lynch desenvolveu um conceito muito importante, o de legibilidade, onde se considera que, para além da forma, os espaços urbanos também precisam de ser legíveis para que possam ser percorridos. A legibilidade de Lynch relaciona-se com os aspectos visuais da cidade e com a facilidade com que as partes da cidade podem ser reconhecidas e organizadas segundo um padrão coerente. A legibilidade também oferece segurança relativamente à maior velocidade na deslocação e uma relação com o espaço urbano mais intensa no sentido em que permite maior exploração visual e percepção da complexidade do espaço (Lynch, 2007; 2008).

Andres Duany (n. 1949) arquiteto e urbanista norte-americano autor de *Suburban Nation: The Rise of Sprawl and the Decline of the American Dream* (2000) e de *The New Civic Art: Elements of Town Planning* (2003) considera que os espaços urbanos devem ser projetados tanto para o peão como para o carro, devendo ter várias dimensões e serem

fisicamente definidos e universalmente acessíveis. Os espaços urbanos devem ser moldados pela arquitetura do edifício e características da paisagem de modo a respeitarem a história local, clima, ecologia (nomeadamente: preservar habitats sensíveis, zonas ribeirinhas), e espaços abertos de elevada qualidade. Considera que os espaços públicos devem ser o foco de orientação de atividades (Duany *et al.*, 2000; Duany, 2010).

Na década de 70, há a referir os arquitetos italianos Carlo Aymonino (1926 – 2010), autor de *Il Significato delle Città* (1975), que defende que a estrutura do espaço urbano pode ser constituída a partir dos percursos urbanos e Maurice Cerasi, autor de *Lo Spazio Collettivo della Città: Costruzione e Dissoluzione del Sistema Pubblico nell'architettura della Città Moderna* (1976) que declara ser o espaço público, conjuntamente com os percursos urbanos, as componentes fundamentais da estrutura urbana e, tal como Lynch, entendia a unidade destes percursos como um fator essencial para a “*legibilidade da cidade*”.

Gehl, o arquiteto e urbanista dinamarquês autor de *Life between Buildings – Using Public Space* (1987), considera os espaços exteriores como elementos protagonistas da vida urbana sendo lugares com relevo e significado para os que os usam. Gehl, tendo por base as experiências do quotidiano relaciona o uso com as características do espaço físico envolvente, fazendo uma análise comportamental baseada na apropriação dos espaços como resultado da interação homem/espaço e homem/sociedade. Estes estudos de Gehl permitem perceber a forma como o “espaço entre edifícios” pode funcionar como motor das vivências urbanas, promovendo as relações sociais e atividades e o modo como estas se processam. O espaço público constituiu a principal base do entendimento da interação entre espaço público e vivências urbanas, e permite estabelecer relações entre atividades e qualidade dos espaços (Gehl, 2006).

Na obra de Nuno Portas, a cidade, o espaço público e também o espaço da mobilidade são temas centrais. Nomeadamente em *Os Tempos das Formas: A cidade Feita e Refeita* (2005) apresentam-se textos redigidos entre 1963 e 2005 destacando-se o texto que tem por título *Conceitos de Desenvolvimento Urbano* (1987) por refletir sobre os problemas das cidades europeias (décadas de 70 e 80), considerando Nuno Portas ser necessário fazer a revisão dos conceitos que são aplicados no planeamento e projeto no sentido de permitir novas abordagens. Nesta perspetiva, Portas considera que os edifícios não deveriam ser concebidos como o positivo num espaço livre – negativo - tal como o sistema viário local não deveria manter o estatuto de independência da forma edificada devendo o construído e as infraestruturas de mobilidade serem pensadas conjuntamente.

“O espaço exterior público, vias de distribuição ou acesso local incluídas, deverá voltar a ter um papel ordenador e não sobranter “q.b.” amorfo e insignificante, sem poder ter nome” e “(...) as novas formas urbanas se podem reconciliar, em termos económicos, com espaços exteriores mais apropriáveis pelos moradores (para jardinagem, horticultura e recreio, reduzindo a pressão para a segunda residência)” (Portas, 2005: 115).

Os espaços de mobilidade, tal como o espaço público em geral, são importantes para Portas afirmando que *“(...) a cidade contemporânea é cada vez mais um espaço de mobilidades de pessoas e actividades, no terreno e no tempo, tendo presente que reconstrução e completamento do sistema de espaços colectivos - de infra-estruturas e símbolos – que foi sempre uma prioridade na longa história de fazer cidade (...)” (Portas, 2005: 201).*

Nuno Portas advoga que o espaço público necessita de ser reinventado, porque *“o espaço público não é um décor, mas sim a estrutura da cidade”* e, no entanto, as cidades de hoje estão, realmente, em boa parte desconstruídas e são desestruturantes, porque abdicaram da unidade sendo necessário encontrar um novo paradigma. O autor considera ser necessária a ambição estruturadora dos grandes espaços através dos elementos de continuidade da nova dimensão do espaço público, caso contrário, *“(...) a cidade-metrópole emergente ficará condenada à reprodução do dualismo da cidade de prestígio/cidade genérica, continuando esta última a ser considerada a cidade ‘sem qualidades’, ‘sem lugares’ e sem estima.” (Portas, 2005: 119).*

Considerando a necessidade de tornar os espaços urbanos mais legíveis, no sentido de legibilidade de Lynch, Nuno Portas reconhece como base da estrutura do território urbanizado o sistema de espaços públicos porque este sistema permite ligar os vários elementos da aglomeração relacionando-os entre si dado o espaço público ser *“o conjunto de espaços que o sujeito percorre e a partir dos quais lê e percebe a cidade; é a malha que organiza a edificação e que perdura para além dela” (Portas e Travasso, 2011: 187).*

Nos espaços urbanos consolidados, a leitura dos espaços públicos é consensual e facilmente identificável pelo indivíduo mas no espaço urbano fragmentado as leituras do espaço são mais difíceis e confusas. Portas e Travasso (2011) consideram que a melhor forma de atuar nestes espaços é tirar partido dos espaços públicos “emergentes”, dos existentes e que são usados e dos que fazem falta às vivências e práticas atuais criando-se, no seu conjunto, sistemas de espaços públicos legíveis capazes de *“re-estruturar a urbanização”* e inserem-se no sistema de espaços públicos: redes de infraestruturas, estrutura ecológica, polos de atividades e operações urbanísticas de promoção privada.

Refere-se ainda Ben Hamilton-Baillie, o urbanista inglês e autor de *What is Shared Space?* (2006) que introduz o conceito “*Shared Space*” (espaços públicos partilhados) que foi amplamente divulgado e aplicado em projetos. No “*Shared Space*”, as funções sociais e de mobilidade podem coexistir e relacionarem-se entre si. Este autor considerava que uma combinação natural de funções socialmente importantes ampliavam a qualidade social do espaço público. Assim sendo, o espaço público é desenhado de forma a não se apresentar como um espaço meramente de tráfego, mas como um espaço para as pessoas, onde as funções sociais representam um lugar central, tendo quem se encontra em movimento de adaptar o seu comportamento (circulação pedonal ou em trânsito) ao comportamento social do contexto urbano em que se insere (Hamilton-Baillie, 2006).

Neste grupo de autores, o espaço público e a rua são interpretados como elementos importantes na definição da forma e funções do espaço urbano devendo ser estimulantes da mobilidade e das atividades sociais.

Segue-se a apresentação de autores que adotaram a segunda abordagem inserindo conceitos e princípios relacionados com a ecologia, considerando que a presença de diferentes tipologias e sistemas naturais podem ser espacialmente articulados, à semelhança dos outros elementos presentes no espaço urbano.

Em primeiro lugar, refere-se Ian McHarg (1920-2001), provavelmente o arquiteto paisagista mais influente do século XX. A obra *Design with Nature* (1969), alvo de mais de vinte e cinco edições, é ainda hoje portadora de princípios bem atuais e é incontornavelmente uma obra de referência. Destaca-se pelas abordagens metodológicas inovadoras e abrangentes que permitiram integrar e perceber os processos ecológicos e os sistemas naturais e fazer a aplicação deste conhecimento no planeamento e projeto do espaço exterior. A sua metodologia assentava na premissa de que os fenómenos naturais são processos interativos e dinâmicos que obedecem a princípios físicos e oferecem oportunidades e restrições ao ser humano podendo, por isso ser avaliados e antecipados. Ainda hoje as metodologias de McHarg são a base metodológica de processos de análise e interpretação da paisagem.

O norte-americano Frederick Steiner segue os processos metodológicos de McHarg tendo publicado entre outros *Human Ecology: Following Nature's Lead* (2002) e *The Living Landscape an Ecological Approach to Landscape Planning* (2000). Considera que a paisagem é dinâmica sendo que essas dinâmicas resultam de ações antrópicas apresentando uma abordagem de planeamento que resulta do conhecimento sobre os processos naturais e antrópicos, pois considera que ao interagirem criam dinâmicas

tornando-se ambos processos ecológicos. Desenvolve metodologia de planeamento para ser aplicada em diferentes escalas e tem por base a interpretação dos fatores biofísicos e socioculturais que estão presentes na paisagem e que vão permitir determinar oportunidades e restrições sobre o uso do solo (Steiner, 2002).

Sylvia Crowe (1901-1997) arquiteta paisagista britânica realiza ao longo da sua vida um amplo trabalho que obriga a especial referência. Em 1969, publicou *Landscape Planning: a Policy for an Overcrowded World* no qual reúne um conjunto de princípios e conceitos relacionados com a paisagem que são até hoje fundamentais para o planeamento e desenho da paisagem, pois considera que o planeamento da paisagem é mais do que a definição de usos do solo, tendo-se que incluir igualmente a beleza, prazer e fertilidade. Para Crowe, um bom desenho de paisagem é aquele em que não se consegue ver facilmente a intervenção do projetista pois reflete um elevado nível de adequação das soluções ao local. Os diferentes elementos da paisagem devem parecer que se encontram colocados correta e “naturalmente” na paisagem, independentemente da escala em que se esteja a trabalhar. O planeamento da paisagem é uma ação que interliga as funções e os habitats, reconciliando-os com os diversos usos e relaciona cada especificidade de uso especializado com a globalidade do sistema que é a paisagem. Uma das características mais notáveis do trabalho desta autora foi a sua capacidade em desenvolver princípios que se adaptam a todas as escalas de intervenção na paisagem e o facto de ter alertado para o significado que vistas, acidentes geográficos e carácter local podem ter para determinar a localização e o impacto de novas intervenções na paisagem.

Destacamos ainda duas publicações em que a ecologia urbana tem um papel de destaque: Michael Hough, (1928-2013) o arquiteto paisagista canadiano, autor entre outras obras de *Cities Form and Natural Process* (1995) e Anne de Spirn, a arquiteta paisagista norte-americana autora de *Granite Garden: Urban Nature and Human Design* (1984). Hough considerou a ecologia como elemento a integrar no planeamento da paisagem urbanizada, sendo imprescindível considerar que os processos naturais vão interagir com os processos antrópicos. Nesta perspetiva Hough assume ser possível a integração da ecologia no urbanismo o que se consegue através de estratégias que combinam desenho e planeamento com a visão do modo como funcionam e evoluem os sistemas naturais. A ecologia é conjugada com os objetivos sociais e económicos, numa base racional que sustenta o processo de dar forma ao espaço da paisagem urbana. Spirn na sua obra analisa como os elementos naturais estabelecem relações entre si e com os espaços urbanos propondo soluções para os principais conflitos que surgem dessas inter-relações. O trabalho

de Spirn chama à atenção para os aspetos ecológicos e para o modo como devem ser considerados nos projetos a realizar para os espaços urbanos.

Richard Forman autor de *Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions* (1995) que conjuntamente com Michael Godron publicou *Landscape Ecology* (1986) apresentam a perspetiva de que as paisagens resultam da combinação de ocorrências humanas e naturais não podendo o planeamento e projeto processar-se de modo isolado sendo necessário a integração da ecologia no urbanismo a partir da conjugação e da integração de três premissas: (a) o desenho e o planeamento constituem o instrumento chave na resolução dos problemas e dos conflitos causados pelo processo acelerado de degradação do território; (b) o desenvolvimento a longo prazo, tanto da natureza como da sociedade, depende da incorporação da ecologia e da cultura no processo de desenho e de planeamento com o objetivo de obter soluções criativas e duradouras; (c) a ecologia da paisagem proporciona, no campo teórico e na prática, a base para a ligação entre natureza e cultura na criação de paisagens sustentáveis. Forman introduz no desenho urbano a ecologia e os aspetos culturais como elementos fundamentais das paisagens sustentáveis.

A segunda abordagem tem tido nos pioneiros da arquitetura paisagista em Portugal importantes seguidores, embora com escassa obra publicada. Teresa Andresen através das obras *Francisco Caldeira Cabral* (2001) e do *Do Estádio Nacional ao Jardim Gulbenkian: Francisco Caldeira Cabral e a Primeira Geração de Arquitectos Paisagistas 1940 - 1970* (2003) e Aurora Carapinha um dos autores de *A Utopia e os Pés na Terra: Gonçalo Ribeiro Telles* (2003) dão-nos a conhecer o pensamento e a obra do fundador da arquitetura paisagista assim como dos seus primeiros discípulos.

Caldeira Cabral definiu e aplicou o conceito de *continuum naturale*, conceito que está na base de todos os trabalhos realizados em Portugal que envolvem corredores verdes, estrutura ecológica, Reserva Agrícola Nacional (RAN), Reserva Ecológica Nacional (REN) estrutura verde, sistemas de espaços abertos e planos verdes (Magalhães, 2001). O conceito pressupõe a continuidade e perenidade da ocorrência dos processos e fluxos dos vários sistemas que constroem a paisagem, numa visão abrangente de que a paisagem exige multifuncionalidade, pelo que o planeamento e projeto terá que integrar a componente ecológica, estética, social, económica e cultural.

Gonçalo Ribeiro Telles considera que as paisagens emergentes necessitam de novas abordagens defendendo que: “As ideias que presidem à criação da nova cidade devem ter como paradigmas a integração cidade/campo e a conexão urbanismo/ecologia. O homem de hoje tende a deixar de ser rural ou urbano para alcançar uma visão cultural que abrange

tanto os valores da ruralidade como os da cidade. E quem diz os valores diz também as actividades. O conceito de paisagem global tende a informar todo o processo de ordenamento do território e o próprio urbanismo” (Ribeiro Telles, 2003^b: 334).

Neste conceito de “Paisagem Global” introduzido por Ribeiro Telles, a ecologia e a cidade funcionam em rede e em equilíbrio, mantendo as dinâmicas e os equilíbrios próprios de cada sistema. A transição entre as áreas urbanas e as áreas rurais faz-se por continuidade dos sistemas fundamentais devendo estes sistemas ser encarados como oportunidades, porque podem assegurar diversidade e o funcionamento dos sistemas ecológicos dos quais o espaço urbano não pode estar desligado (Ribeiro Telles, 2003^b). Ribeiro Telles considera que desenho da forma urbana deve ter uma base sistémica onde os ecossistemas naturais e os agrossistemas se articulem com o edificado (Ribeiro Telles, 2003^a). O desenho das novas paisagens exige a integração da ecologia no urbanismo, entendendo o autor por ecologia urbana o funcionamento articulado no espaço urbano dos ecossistemas naturais e humanizados e por ecologia o funcionamento articulado dos ecossistemas naturais e humanizados da região (agrossistemas) com os sistemas urbanos (Ribeiro Telles 2003^b). O planeamento deverá ser praticado em diferentes escalas tornando-se necessário fazer o planeamento à escala da região dado a “cidade” ser também a “cidade-região”.

Para Ribeiro Telles, os espaços abertos vão ter importância enquanto componentes dos sistemas ecológicos urbanos e definidos como “*espaços abertos da cidade, quer verdes, quer pavimentados, não devem apenas circunscrever-se às áreas residuais deixadas pelos edifícios, vias de circulação e parques de estacionamento mas, pelo contrário, deverão constituir sistemas e estruturas com expressão territorial e cultural individualizada*” (Ribeiro Telles, 1997: 16).

No mesmo texto, sublinha a importância que os espaços verdes apresentam pelo papel que desempenham na humanização, estabilidade física e equilíbrio ecológico da cidade.

O autor considera que o espaço urbano é uma realização artística, cuja identidade nasce de uma relação simbiótica entre a morfologia, funções e significados que lhe são atribuídos mas que não pode resultar de somatórios de espaços, mesmo que públicos, e com qualidade arquitetónica e valor estético. O espaço urbano “*(...) nasce da interacção das peças formando conjuntos, da relação que estas estabelecem com o sítio e da interpretação e vida que lhes imprimimos ao habita-la. (...) O espaço aberto pode ter tanta presença (no espaço urbano) como um edifício ou um monumento*” (Ribeiro Telles, 1997: 17).

Os espaços públicos não podem ser casuísticos, eles enquadram-se em lógicas e constituem-se em sistemas que se articulam entre si e estruturam o meio urbano e, por isso, para o autor, eles não podem ser meras “ilhas” no interior do edificado, especialmente os espaços verdes, devem, pelo contrário, organizar-se em corredores que, percorrendo o espaço urbano permitem a existência de percursos e espaços de lazer, recreio e desporto livre até se integrarem nas “paisagens tradicionais” dos campos limítrofes, constituindo com elas uma estrutura continua que garantirá a sustentabilidade ecológica e física de toda a região (Ribeiro Telles, 2003^a).

Pertencente às gerações mais recentes de arquitetos paisagistas portugueses, João Nunes, numa entrevista publicada em *João Ferreira Nunes [Proap]: Obras/Works 1994-2010* (2010) considera que só se pode intervir na paisagem depois de descobrir, decodificar e interpretar os mecanismos presentes na paisagem. Defende uma metodologia de avaliação de conflitos e procura de soluções alternativas face às atividades introduzidas na paisagem em que a avaliação das consequências das intervenções na paisagem e a reformulação das soluções é uma meta que tem por objetivo assegurar a sobrevivência da comunidade e seus descendentes:

”En mi entender, el fundamental desempeño de un proyecto de arquitectura paisajista reside en la reconstrucción de una condición equilibrada entre determinado sistema ecológico y la aplicación en el espacio físico, asociada parcial o totalmente a éste, que corresponde a una transformación consecuente, a una necesidad de transformación por parte de las comunidades” e “tendremos así un sistema de paisaje complejo, constituido esencialmente por las relaciones inherentes al funcionamiento de un sistema ecológico asociado a su historia evolutiva – defendiendo también que Paisaje es tanto un pedazo de espacio como un espacio de tiempo (...)” (Nunes, 2010: 150).

Para João Nunes, os mecanismos presentes na paisagem são processos dinâmicos que são sucessivamente substituídos por outros a longo prazo, função de reajustamentos.

Gilles Clément em *Manifeste pour le Tiers Paysage* (2004) apresenta uma abordagem de desenho da paisagem que tem por base as dinâmicas dos sistemas ecológicos apresentando uma nova visão das relações entre o Homem e a Natureza. Da “Terceira Paisagem” fazem parte espaços como vazios, zonas húmidas, pântanos, estradas, rios, margens de caminhos-de-ferro. Muitos destes espaços correspondem aos designados espaços residuais, abandonados ou improdutivos mas que vão constituir refúgios para a biodiversidade, mais relevantes do que as áreas habitualmente designadas de espaços verdes, campos, matas e florestas e que estando sujeitas à influência humana, ou seja, a

ações de gestão e manutenção acabam por não ter tanta biodiversidade (Clément, 2004). Nesta abordagem, reflete-se sobre o retorno à multifuncionalidade que a paisagem foi perdendo e sobre o seu entendimento como sistema complexo e dinâmico resultante de processos culturais e naturais em constante transformação e que se o homem não realizar qualquer tipo de ação, a paisagem *per si* contém mecanismos de evolução biológica que permitem transformar espaços sem função determinada em algo de importante e interessante para a biodiversidade. Outro aspeto associado à “Terceira Paisagem” é de que os espaços que a podem integrar se encontram em todas as escalas, podendo ser identificáveis ao nível da bacia hidrográfica ou em elementos como uma árvore ou um organismo unicelular tendo igualmente importância.

Nesta segunda abordagem encontram-se autores que integram os sistemas ecológicos nas suas atuações sobre a paisagem que sofre influência das ações antrópicas sendo a mobilidade e o espaço público arborizado elementos que devem ser vistos de modo integrado nessas concepções.

Segue-se a terceira e última abordagem onde se encontra um grupo de autores que refletem um conjunto distinto e diversificado de ideias sobre o modo como atuar no espaço urbano, para quem o projeto e o plano podem não ser um fim em si mesmos mas antes uma parte de processos pelo que se encontram em permanente avaliação e desenvolvimento de estratégias e nos quais o espaço de mobilidade adquire várias funções.

Rem Koolhaas, o arquiteto holandês autor de *S, M, L, XL* (1995), entende o urbanismo mais como um processo e não tanto como uma configuração arquitetónica estável e reconhecível, pelo que o modelo de desenho urbano apresentado por Koolhaas baseia-se na indefinição arquitetónica, liberdade do desenho formal, complexidade, densidade e flexibilidade. No fundo, assume que a cidade não tem centro, estrutura, nem forma e aceita o que existe não estando preocupado com o arranjo de objetos mais ou menos permanentes, mas com a irrigação de territórios que apresentam potencial. Considera que a rua está morta e que os passeios, as *promenades* servem para gerir fluxos de pessoas em condições pouco aceitáveis com vento, calor, locais íngremes, frio. As circulações horizontais estão a terminar considerando que na “Cidade Genérica” se caminha para as circulações verticais em edifícios em altura que aparecem em qualquer lugar (Koolhaas, 1995).

François Ascher, o urbanista e sociólogo francês, autor de extensa obra de que destacamos *Les Nouveaux Principes de L'urbanisme. La Fin des Villes n'est pas à L'ordre du Jour* (2001) defende que o crescimento da cidade está ligado ao desenvolvimento de

técnicas de transporte de pessoas, bens e informações e de um conjunto de princípios que designa como “novo urbanismo”, onde mais do que fazer projetos tendo por base abordagens lineares devem implementar-se dispositivos que os elaborem, discutam, negoceiem e façam evoluir. Trata-se de um urbanismo reflexivo em que a análise já não vem antes da regra e do projeto, mas está permanentemente presente. O projeto torna-se também um instrumento de conhecimento e de negociação com as entidades e as populações. No que diz respeito à mobilidade defende que na cidade contemporânea o nível de exigência dos indivíduos quanto aos níveis de autonomia, conforto, segurança, velocidade de deslocação e intermodalidade são elevados. Na cidade contemporânea a rua pode adquirir complexidade, sendo multifuncional no duplo sentido de segregadora e agregadora sendo exemplo os casos de ruas em que se enterram as grandes infraestruturas rodoviárias e em superfície ficam os espaços que reconciliam trânsito, peões e atividades diversas (Ascher, 2007).

Charles Waldheim autor de *A Reference Manifesto* e *Landscape as Urbanism* ambos publicados em *The Landscape Urbanism Reader* (2006), inserindo-se no movimento *landscape urbanism*, tem por principal área de intervenção os espaços entre edifícios, sistemas de infraestruturas e sistemas ecológicos. Considera que a interpretação e análise das superfícies do território tal como o desenvolvimento de propostas para estes espaços são essenciais para o planeamento e projeto do espaço urbano. Para Waldheim, a paisagem substituiu a forma arquitetónica como primeiro meio de desenhar cidade tendo encontrado no *landscape urbanism*, uma matéria intersticial conceptual, que operando em espaços que se situam entre edifícios, sistemas de infraestruturas e sistemas ecológicos permite definir forma urbana. Neste contexto, o *landscape urbanism* permite ver de modo útil e estruturante os *terrain vagues*, residuais e *vazios* (Waldheim, 2006^a; 2006^b).

James Corner arquiteto paisagista autor de *Terra Fluxus* publicado em *The Landscape Urbanism Reader* (2006), defende que a abordagem sobre os espaços urbanos é de grande complexidade e que deverá incidir sobre quatro temas: (a) “*Previsão da evolução do processo ao longo do tempo*” resultante da evolução dos processos ecológicos, evitando-se modelos determinísticos e dirigindo-se as ações para intervenções em que se valoriza a “*mudança de processos que se difundem em todo o espaço urbano*”; (b) “*Horizontalidade*” em que se considera toda a matriz dada pelas infraestruturas das superfícies urbanas, dando-se ênfase à superfície horizontal, como um “*espaço de ação*” porque permite atuar numa ampla gama de escalas (sobreposição da flexibilidade e legibilidade) e integrar “*vários sistemas ecológicos e estruturas que colocam em movimento uma rede diversificada de interações*”; (c) “*Método operacional ou de trabalho*” pois dada a

complexidade dos dois temas anteriores torna-se necessário o desenvolvimento quer de um novo método de abordagem que pretende selecionar os aspetos a observar evitando-se o excesso de informação e a não resolução, quer o desenvolvimento de novas técnicas de representação; (d) “*O Imaginário*” invoca a necessidade da criatividade e não apenas a racionalidade para se chegar a soluções (Corner, 2006: 28-32). A implementação do projeto dentro do espaço público envolve o espírito da população urbana, atuando como “*contentores da memória coletiva e do desejo*” e ainda “*lugares para a imaginação geográfica e social estabelecer novas relações e conjuntos de possibilidades.*” (Corner, 2006:32; Thompson, 2012). James Corner aborda o plano e projeto como um processo evolutivo e de carácter abrangente – escala, mas seletivo nos parâmetros considerados. No que diz respeito às infraestruturas, nomeadamente as associadas às redes rodoviárias, define abordagens mais integradas na paisagem.

O geógrafo inglês David Harvey nos seus livros *Social Justice and the City* (1973) e *Rebel Cities* (2012) considera que ainda se fala de cidade mas que esta já não existe pois que, de facto, nos tornámos um mundo totalmente urbano, e que a existência de uma vida urbana e uma vida camponesa autossustentável e independente desapareceu em grande parte do mundo. Considera que as diferenças no interior das cidades são tão significativas quanto as diferenças entre a cidade e subúrbio e o subúrbio e as zonas não-urbanas. Há tantas diferenciações no interior do próprio processo de urbanização, que a diferença entre áreas ricas e favela é enorme, na realidade, maior do que a que existe entre o que acontece na cidade e fora dela. David Harvey considera que o capital (investidores, decisores) tende a ser homogeneizante e que são os habitantes dos espaços urbanos que frequentemente fazem a diferença por produzirem atrações únicas pela sua forma de vida e seu modo de ser (Harvey, 2012).

Nesta terceira abordagem encontram-se autores que dão importância aos espaços urbanos e sistemas ecológicos, mas que consideram haver modelos distintos de abordagem sendo necessário o planeamento e projeto como elementos de avaliação, orientação e promotores de discussão mais do que na determinação de usos do espaço. São autores que atribuem grande valor ao capital humano, quer nas decisões que se devem dar ao uso do espaço, quer no modo de ocupação desse mesmo espaço. Nestas abordagens são ponderados os processos ecológicos no modo como podem evoluir e interagir com espaços urbanos que se encontram em permanente alteração.

Em síntese verifica-se que desde meados do séc. XX que progressivamente princípios e conceitos associados à ecologia e mobilidade foram sendo inseridos nas metodologias e pensamento urbanístico. As questões culturais e sociais também têm vindo

a adquirir maior peso no planeamento e projeto tal como se tem vindo a ponderar o desenho do espaço urbano cada vez mais como um processo em permanente avaliação e evolução resultantes das dinâmicas económicas, necessidades sociais e processos ecológicos.

No entanto, as sociedades estão num processo de mudança (funcionamento, valores, usos do solo), resultante da globalização que oferece modelos que se sobrepõem à cultura local, redução das distâncias e tempos de deslocação promotores de uma cada vez maior relação entre a infraestrutura de transporte e utilizador, maior inter-relação entre o privado e o público e novas configurações oferecidas pelas vastas áreas dos espaços residuais, abandonados ou improdutivos, deixando o espaço urbano de estar circunscrito aos limites do urbano consolidado e legível originando complexas paisagens urbanas.

Nestas complexas paisagens urbanas atuais, os novos espaços verdes do século XXI não serão urbanos nem rurais, mas sim espaços naturais onde prevalecem os materiais vivos e onde será necessário fazer diálogos permanentes com a cidade edificada e infraestruturada, pelo que, o espaço natural e espaço edificado têm valor idêntico no desenho do espaço urbano, não podendo a estrutura ecológica ser concebida *a posteriori*.

As infraestruturas de mobilidade terão que ser desenhadas conjuntamente com o edificado e estrutura ecológica de modo a não se comprometer o funcionamento dos sistemas naturais e a serem compatibilizados num desenho estruturador que ofereça legibilidade no espaço urbano.

2.3 CONCEITO E EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS ECOLÓGICAS URBANAS

2.3.1 Origem e conceitos

A definição da estrutura ecológica deve estar presente no planeamento das áreas urbanas consolidadas ou fragmentadas, sob diferentes escalas e tipologias, constituindo-se como um instrumento ordenador do território, do planeamento ambiental e do desenho urbano, sendo capaz de orientar a ocupação e transformação antrópica do território.

A revolução industrial ao promover o crescimento e a densificação dos espaços urbanos, muitas vezes em condições insalubres e sem luminosidade, motivou o

aparecimento do espaço público, nomeadamente de jardins e parques. Neste período começaram-se a urbanizar as periferias, o que se deveu à melhoria das acessibilidades, dos sistemas de transportes públicos e da pavimentação das estradas em macadame que permitiu a redução das distâncias e tempos de circulação. A construção de linhas ferroviárias a vapor a partir de 1830 na Europa e Estados Unidos, facilitou a união entre cidades mas, também, a ligação entre as periferias e os centros urbanos (Navarro, 2005; Sort, 2006) levando à expansão dos espaços urbanos e à cada vez maior necessidade de conservação das estruturas ecológicas. Ao longo do séc. XX, a estrutura ecológica adquiriu interesse público, sendo dada cada vez maior relevância à sua função, objetivos e usos no espaço urbano, passando a integrar as políticas e regulamentos de grande parte dos países Europeus e Norte Americanos sendo indispensável às ações de planeamento e projeto.

Entende-se que a estrutura ecológica a adotar em espaço urbano deve estabelecer o *continuum naturale* ou seja, um sistema natural contínuo que permita o funcionamento e desenvolvimento dos ecossistemas e deverá integrar preferencialmente sistemas espaciais contínuos. Em territórios sob forte pressão antrópica, considera-se que a estrutura ecológica deverá ser entendida como uma infraestrutura urbana essencial ao equilíbrio do território, a par de outras infraestruturas como redes de estradas, abastecimento de água e de energia elétrica, entre outros, que se constituem como sistemas contínuos e em rede.

Francisco Caldeira Cabral em 1980 durante o 1º Seminário sobre a Conservação da Natureza apresentou uma comunicação sob o título *O Continuum Naturale e a Conservação da Natureza* onde definiu os princípios do *continuum naturale* e alertava para os problemas que podiam advir da alteração e intensificação dos usos na paisagem.

“(...) à redução da superfície ocupada pelos elementos fundamentais da paisagem – solo, água, ar, flora e fauna – tem de corresponder uma optimização dos efeitos da área restante e por isso o modo da presença dos elementos poderá vir a ser alterado com relação ao passado. Voltando ao exemplo da mata e admitindo a afirmação feita de que a orla é a zona biologicamente mais activa da mata, o papel da sebe de compartimentação adquire um significado novo se considerarmos que a sebe é uma mata reduzida às duas orlas. (...) Esta mesma consideração se aplica aos sistemas coerentes das zonas verdes urbanas” (Cabral, 1980: 43).

Nesta mesma linha de pensamento, Manuela Raposo Magalhães (2001) considera os sistemas ecológicos associados aos leitos e margens de linhas de água, áreas de máxima infiltração, áreas costeiras, solos de valor ecológico muito elevado, vegetação como de interesse para a conservação e sítios de interesse biológico como sendo os principais

sistemas integradores da estrutura ecológica. Porém, quando a estrutura ecológica se insere em paisagens urbanas, com forte presença humana, são também integrados sistemas que apesar da sua maior artificialização apresentam para além de valor ecológico, o cultural como são os parques, jardins, praças, largos, avenidas e espaços verdes associados a linhas ferroviárias, vias de circulação rodoviária no que Ribeiro Telles (1997) designa como “espaços abertos da cidade”. Os espaços urbanos designados de espaços abandonados e inativos e também “espaços resíduos”, na designação dada por Gilles Clément (2004), incluindo-se nesta definição espaços de transição, terrenos expectantes, beiras de estrada, leitos fluviais, taludes de estradas, etc., são igualmente relevantes quando integrados num *continuum naturale* por assegurarem no seu conjunto o funcionamento dos ecossistemas fundamentais e servirem de suporte aos biótopos.

A estrutura ecológica urbana integra os sistemas ecológicos, sendo orientadora da estrutura edificada, sistemas que organizados espacialmente em corredores verdes se constituem como instrumentos eficazes de requalificação de paisagens urbanas destruturadas.

As paisagens de hoje encontram-se profundamente alteradas, estrutural e funcionalmente, dados os processos antrópicos realizados sobre os territórios. A alteração estrutural deve-se ao excesso de fragmentação e impermeabilização enquanto a alteração funcional têm como principais causas os territórios terem sido atravessados por infraestruturas físicas de diversa natureza que podem ser assumidas como obstáculos às dinâmicas naturais, as alterações de uso de solo e do padrão da paisagem e com o facto de a separação entre o campo e a cidade se ter diluído, esbatendo-se os seus limites. Perante a organização e funcionamento do espaço urbano atual, a estrutura ecológica necessariamente tem de ser pensada numa escala que abranja a própria extensão do processo de urbanização às escalas metropolitanas ou regionais, pelo que necessariamente integram áreas multifuncionais podendo ser de conservação da natureza, proteção do património e de valores culturais ou espaços de recreio.

A complexidade do processo de urbanização implica complexidade da estrutura ecológica e abrangência na escala de intervenção pelo que as abordagens a ter na delimitação da estrutura ecológica para além de incluírem aspetos ecológicos (biodiversidade, preservação dos recursos), terão que integrar valores culturais e patrimoniais. Como refere Luís Paulo Ribeiro na sua dissertação de doutoramento sobre a integração dos valores culturais e históricos em sistemas integrantes das estruturas ecológicas: “*A framework based on landscape ecological criteria helps understand the significance of cultural, and historic resources in the sustainability of landscape human*

systems. The ecological approach to landscape derived from conservation strategies, and the growing concern for cultural components in recent years. This concern for cultural components is particularly important in the Mediterranean world, where intense, and ancient human settlements have transformed natural systems into human ecosystems, and where ecological sustainability is highly dependent on human activities” (Ribeiro, 1998: 93)

Outras particularidades devem estar presentes na estrutura ecológica como, sedução e atratividade, que ponderam dimensões multissensoriais onde se trabalha não só o que é visível (cor, textura) mas também os sons, tato, paladar e olfato. Estes aspetos permitem criar ambientes diversificados, confortáveis, atrativos e inclusivos adquirindo os espaços urbanos maior diversidade de oferta dos seus serviços de carácter ambiental e recreativo (Ascher, 2010).

As estruturas ecológicas são fundamentais no desenho do espaço urbano, porque sendo tendencialmente lineares, com capacidade de estabelecerem conectividades e assegurando o funcionamento em rede, reduzem os efeitos negativos da fragmentação (Ahern, 1995). A capacidade de interligação dos recursos ecológicos e culturais integrados no conceito de estrutura ecológica confere maior valor e coerência do que abordados de forma isolada (Zube, 1995) e contribui para uma estrutura com maior legibilidade na paisagem ajudando a oferecer o “sentido do lugar” na definição que lhe atribui Kevin Lynch (2008).

O potencial de difusão de espécies invasoras, doenças, ou fogo é apontado como um aspeto negativo associado à presença de estruturas ecológicas nos espaços urbanos (Viles e Rosier, 2001) e, no caso de apresentarem grande expressão espacial, podem não ser definidores da estrutura urbana perpetuando tendências dispersivas e falta de legibilidade do espaço urbano.

2.3.2 Tipologias

O aparecimento de espaços verdes planeados e contínuos na Europa remonta aos séculos XVIII e XIX, tendo sido implementados nos limites das cidades quando da demolição das muralhas. A arborização destes espaços deu origem a *promenades* e

passeios públicos que adquiriram configurações anelares a exemplo do “Ring” de Viena de Áustria (Searns, 1995; Kühn, 2003). Os princípios urbanísticos subjacentes a estes espaços verdes anelares que iam surgindo nas cidades muralhadas e que separavam a cidade do campo, acabaram por ser transferidos para a cidade industrial e inspiraram o modelo da cidade-jardim de Ebenezer Howard (Kühn, 2003).

No final do séc. XIX, nos EUA, surgem os *parkways* que consistem em espaços verdes lineares contínuos, que interligam parques através sistemas de circulação com o objetivo de tornar acessíveis estes destinos de recreio aos habitantes das cidades visando a qualidade estética do percurso e constituindo-se como elementos estruturantes do desenvolvimento urbano. Os *parkways*, pelas suas características são considerados como os precursores dos corredores verdes (Mossop, 2006).

No início do séc. XX nos Estados Unidos, e na década de 20 na Europa, o conceito da cidade-jardim esteve na base das estruturas que hoje designamos como estruturas ecológicas (Fabos, 2004; Jongman *et al.*, 2004). Tinham então como principal objetivo a contenção do espaço urbano em relação ao espaço rural nuns casos, e noutros, a separação entre aglomerados que se situavam numa região urbana e responder às necessidades de recreio dos espaços urbanos que se apresentavam poluídos e com sobrepopulação (Kühn, 2003).

À medida que os espaços urbanos se expandiam surgiram vários problemas ligados à ocupação do solo, pelo que chegados às décadas de 60-70 as estruturas ecológicas passaram a incorporar, para além das questões do recreio e de separação dos espaços urbanos dos espaços rurais, conteúdos ecológicos, e funções de conservação da natureza (Kühn, 2003). Nas últimas décadas do séc. XX aos aspetos relacionados com a biodiversidade e preservação dos recursos naturais ganham maior importância.

Tendo os conceitos, objetivos e funções sofrido alterações ao longo dos tempos, várias foram as tipologias das estruturas ecológicas desenvolvidas no espaço urbano. Para que melhor se possa entender a relação entre tipologias da estrutura ecológica e o espaço urbano apresentam-se exemplos que se consideram ser representativos de diferentes tipologias. São eles: (a) o *Greenbelt* de Londres, (b) o *Finger Plan* de Copenhaga, (c) o *Green Heart* na região metropolitana holandesa de Randstad e (d) o sistema de parques regionais em Berlim-Brandenburg. Não sendo casos óbvios em termos comparativos com a AMP, são no entanto referências consagradas – umas há muito enraizadas, outras mais recentes – sendo casos de sucesso em termos da sua implementação e diversificados sob o ponto de vista tipológico.

O *Greenbelt* de Londres tem as suas raízes no “Greater London Regional Planning Committee” de 1929 que contém um memorando desenvolvido por Raymond Unwin, urbanista que se associa com Barry Parker para construir a primeira e célebre cidade jardim de Letchworth e o Hampstead Garden Suburb. Neste plano para Londres propõe a definição de espaços abertos segundo duas tipologias: os *open land* que correspondiam a espaços não edificados e os *open space* a que se associam funções recreativas. Em 1938, o “Green Belt Act” propõe a definição de um anel verde a envolver Londres começando-se a adquirir terrenos. Em 1943-1944 são publicados os planos de Patrick Abercrombie (1879-1957), apresentando o “Greater London Plan” (1944), uma proposta para os espaços abertos de Londres importando ideias do plano de 1929 desenvolvendo uma imensa rede de *greenways* que vão interligar espaços abertos em áreas centrais com as da periferia de Londres assegurando continuidades. O plano de Patrick Abercrombie apresenta uma proposta de usos para o espaço urbano que atende à preservação do solo para a agricultura, ao controlo do crescimento urbano e às áreas destinadas para o recreio da população (Turner, 1995). Ao longo do séc. XX, o plano de Abercrombie sofre sucessivas atualizações, nomeadamente em 1951 pelo “Administrative County of London Development Plan” que abrange uma área restrita mas que foi implementado em relação às áreas que eram propostas no plano de Abercrombie de 1944. Em 1976 o “Greater London Development Plan” baseado numa cuidadosa e extensa pesquisa define diferentes tipologias de parques em função da sua escala. Tal como no plano anterior fez-se um planeamento quantitativo mas pouco articulado (Turner, 1995).

Tendo-se já assumido nos planos anteriores o *open land* e o *open space* depois de 1976 desenvolve-se um tipo de *greenway* descrito como *green chain* que tem por objetivo salvaguardar os *open spaces* potenciando o recreio numa perspetiva de multifuncionalidade (Turner, 1995).

O “London Plan: Spatial Development Strategy for Greater London” de 2004 apresenta uma estratégia em rede para os espaços abertos de Londres num conceito de *multipurpose greenways*, que pretende responder simultaneamente às exigências recreativas, à necessidade de redes pedonais e ciclovias e à constituição de uma rede ecológica. Este plano integra-se na estratégia de desenvolvimento espacial para Londres, que pretende que o crescimento se faça dentro dos seus limites sem lesar os *open spaces*, sendo estes entendidos como parte integrante do carácter da cidade e reconhecendo o desempenho das suas múltiplas funções. Os *open spaces* da cidade de Londres consubstanciam-se em duas estruturas fundamentais: os *Greenbelt* e os Metropolitan Open Land (MOL). Os *greenbelt* fazem a prevenção do *urban sprawl*, ou seja delimitam e

acautelam o crescimento urbano em mancha, evitam a coalescência entre diferentes aglomerados, salvaguardam as áreas rurais, preservam os centros históricos, fazem o suporte de atividades recreativas e asseguram a proteção e promoção da biodiversidade e da qualidade da paisagem. Os *Metropolitan open land (MOL)* são espaços permeáveis de grande escala que oferecem oportunidades para a proteção e conservação dos ecossistemas e recreio dos cidadãos sendo facilmente acessíveis pelos transportes públicos. Aos *Metropolitan open land* juntam-se um conjunto de três estruturas verdes que se encontram situadas no interior da área urbana e que definem os *Green corridors* que têm por objetivo proporcionar conectividade de habitats e consistem num sistema contínuo de espaços abertos; os *Green chains* destinam-se a percursos pedonais e ciclovias e é um sistema contínuo de espaços abertos, acessíveis ao público; e os *Blue network* é um sistema constituído pela rede fluvial - Tamisa e seus afluentes, canais artificiais, docas, reservatórios e lagos (Mayor of London, 2008).

Em 2011 é publicado o novo “London Plan Green Infrastructure and Open Environments: The all London Green Grid” que mantém no geral as tipologias e funções que o “London Plan: Spatial Development Strategy for Greater London” (2004) atribuí aos espaços verdes mas acrescenta como objetivos que os espaços verdes devem considerar e se adaptar às alterações climáticas, preservar e promover a biodiversidade e garantir uma rede estratégica de acessibilidades integrada na rede de espaços verdes capaz de promover escolhas sustentáveis de transporte dado assegurarem ligações estratégicas entre percursos e as áreas intermodais de transporte e atravessarem locais de paisagem cultural e com património (Mayor of London, 2012).

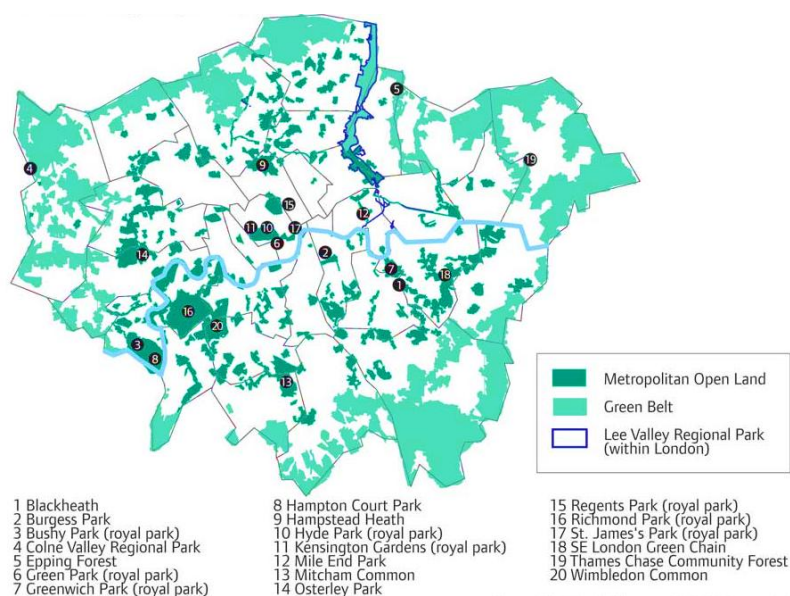


Figura 2.1 London's strategic open space network de 2004
Fonte: Mayor of London, 2008 p. 177

O “Finger Plan” de Copenhaga surge em 1947 quando da elaboração do Plano Regional para Copenhaga. Nessa altura, a expansão da mancha construída resultado da edificação e da implementação da rede ferroviária de transportes coletivos de início do séc. XX era já uma realidade. O Plano de Infraestruturas de Transportes de 1926 optou pelo melhoramento da rede rodoviária e ferroviária existente, pela construção de uma ligação anelar e pela construção de estações de comboio suburbanas com o intuito de se constituírem como âncoras para novos eixos de desenvolvimento radiais. Da relação estabelecida entre a rede rodoviária e ferroviária obteve-se um desenho urbano baseado em eixos radiais que se refletiu no “Plano de Zonas Verdes e Áreas Livres” de 1936, no qual se propunha uma estrutura verde radial composta por áreas verdes que desempenhavam diferentes funções (Vuk, 2006). Posteriormente, o “Finger Plan” (1947) vai surgir como um instrumento regulador e reforçador das tendências de crescimento urbano associadas e promovidas pelas acessibilidades e transportes, assumindo o crescimento urbano ao longo dos “dedos” ou seja, das redes ferroviárias e rodoviárias e, na área central de Copenhaga: a “palma da mão”. As penetrações de verde desenvolvem-se entre eixos urbanos (dedos) e teriam por uso dominante do solo a agricultura e áreas destinadas ao recreio o que permitia o contacto direto do centro urbano com a paisagem (Vuk, 2006). O “Finger Plan”, ao longo do séc. XX, tem vindo a sofrer alterações em relação à sua estrutura inicial, principalmente devido ao alargamento das zonas urbanas com a consequente ocupação das zonas verdes e na alteração do tradicional uso agrícola para usos do solo mais complexos e diversificados, mas continua a marcar a configuração territorial de Copenhaga (Vuk, 2006).

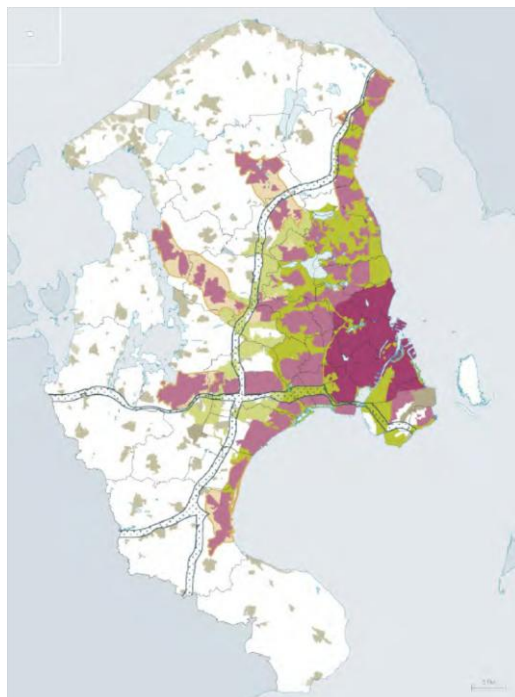


Figura 2.2 Finger plan 2007

Fonte: Danish Ministry of Environment, Spatial Planning in Denmark p.15

A região metropolitana holandesa de Randstad inclui quatro cidades, Amsterdão, Haia, Roterdão e Utrecht, formando no seu conjunto um anel urbanizado, quase contínuo, em forma de ferradura, que envolve um espaço central não construído, designado por *green heart*, tendo por principais usos do solo a agricultura e o pastoreio, onde permanecem pequenas áreas naturais e húmidas (Kühn, 2003).

O termo Randstad e *green heart* precederam temporalmente os primeiros documentos de planeamento, pois só nos anos 50 o “I National Spatial Planning Policy Document” utiliza estas definições, tendo sido elaborado com o objetivo reduzir a dispersão urbana nesta região, mantendo a zona central agrícola (Kühn, 2003).

Nos anos 60, a urbanização e circulação rodoviária continuavam a aumentar na região pelo que surgiu o “II National Spatial Planning Policy Document” que pretendia evitar a dispersão urbana propondo a localização de um número limitado de pequenos centros urbanos, uma rede rodoviária densa e a proteção do *green heart*. É também nesta década que o termo *Greenheart Metropolis* surgiu, correspondendo à aglomeração policêntrica de Randstad sobre um espaço aberto central de uso agrícola (Kühn, 2003).

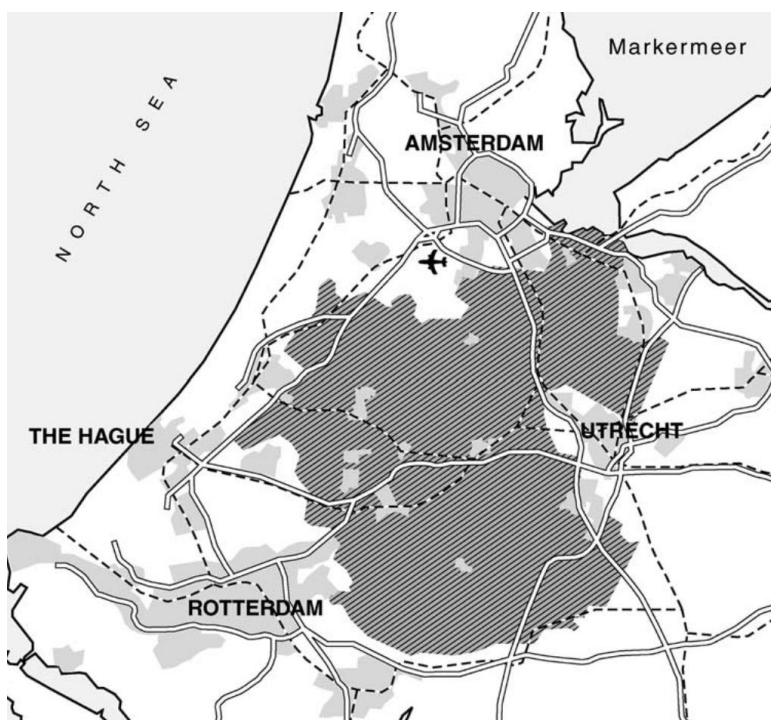


Figura 2.3 Green Heart como centro do Randstad
Fonte: Fazal, Geertman e Toppen, 2012 p. 111

Nos anos 70 e porque o Plano não atingia os objetivos pretendidos surgiu o “III National Spatial Planning Policy Document” onde são definidos 14 núcleos para o desenvolvimento urbano numa perspetiva de concentração descentralizada na envolvente do *green heart*. Pela primeira vez são propostos usos que ultrapassam as funções meramente agrícolas e apontam-se as potencialidades do *green heart* para a conservação, proteção dos recursos e recreio das populações.

Os primeiros resultados destas políticas foram alcançados na década de 80 verificando-se o crescimento das cidades de menor dimensão e a estabilização do crescimento das cidades de grande dimensão mas também se começou a fazer sentir o declínio dos centros urbanos o que provocou a alteração desta estratégia pelo que surgiu o “IV National Spatial Planning Policy Document” em 1988 que definiu estratégias para o desenvolvimento da cidade compacta, privilegiando-se a proximidade aos locais de trabalho, a redução da utilização do automóvel e a defesa do *green heart* contra a pressão da urbanização. A partir de 1998, o *green heart* passou a ser oficialmente referido como “Dutch National Landscape” demonstrando-se a relevância do espaço (Kühn, 2003; Bengs e Schmidt-Thomé, 2005).

O “V National Spatial Planning Policy Document” de 2000 e a “National Spatial Strategy” de 2005 continuaram a refletir o mesmo tipo de preocupações mas, a partir do momento em que as cidades começaram a funcionar em rede, as escalas de intervenção passaram a ser mais alargadas e o *green heart* passou, não só a ter funções ecológicas, naturais, recreativas e paisagísticas, como também se constituiu como uma área economicamente dinâmica, sendo atribuídas estratégias que permitiam desenvolver potencialidades em áreas como o turismo, recreio e proteção da natureza (Fazal *et al.*, 2012).

Em 2011, foi publicada a “National Policy Strategy for Infrastructure and Spatial Planning” que aponta para conceitos e instrumentos de planeamento que abordam temas como sejam energias alternativas, alterações climáticas, biodiversidade e reconversão urbana. Mais do que definir áreas de expansão urbana ou infraestruturas de mobilidade “tradicionais”, tendo em consideração as previsões de estagnação demográfica, pretende-se promover a reconversão das áreas urbanizadas e valorizar as acessibilidades dando-se ênfase à multimodalidade. Valores patrimoniais e biodiversidade são os aspetos valorizados a ser inseridos nas estratégias de planeamento (Ministry of Infrastructure and the Environment, 2011).

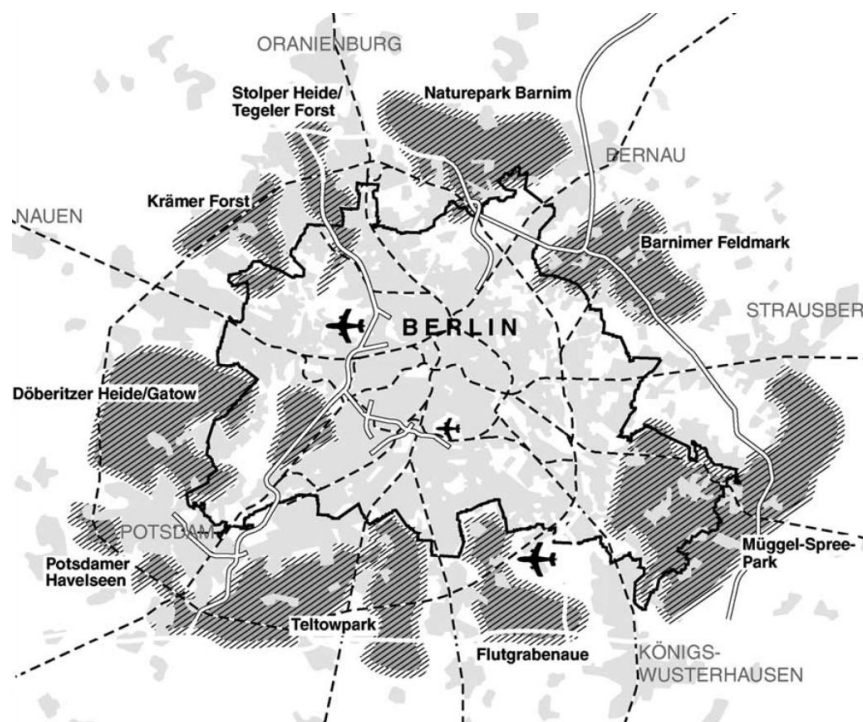


Figura 2.4 Proposta de delimitação do sistema de parques regionais de Berlim
Fonte: Fazal, Geertman e Toppen, 2012 p. 109

O sistema de parques regionais de Berlim define uma estratégia que procura responder às constantes perdas de área de espaços verdes e à necessidade de organizar as paisagens fragmentadas resultantes da contínua expansão urbana. Após a reunificação da Alemanha, em 1989, verificou-se um processo tardio de expansão para as periferias ocorrendo o aparecimento de aglomerados urbanos (áreas residenciais, industriais, comerciais), autoestradas e grandes infraestruturas que alteraram o carácter rural das aldeias e vilas, a perda de solo rural e fragmentação da paisagem (Kühn, 2003). Estas alterações da paisagem justificaram o planeamento dum anel de parques regionais à volta de Berlim na década de 90 pelo “Joint Spatial Planning Department” de Berlim e Brandenburg (Kühn, 2003; Fazal *et al.*, 2012). O sistema de parques regionais de Berlim foi estabelecido tendo por objetivo a definição de grandes áreas estratégicas de parques desenhados que se interligam com a paisagem “não desenhada” garantindo-se a ligação e continuidade na paisagem. Ao conceito tradicional do parque urbano são acrescentadas as vertentes de conservação e proteção da natureza e de preservação dos valores culturais e naturais da paisagem, tendo os parques sido entendidos como “novas paisagens” construídas pelo homem podendo incluir um largo espectro de usos: reservas naturais, espaços para recreio (instalados de acordo com as aptidões ecológicas) e áreas arborizadas (Kühn, 2003; Fazal *et al.*, 2012).

Em 1998, as autoridades de Berlim-Brandenburgo identificaram oito unidades de paisagem nos arredores de Berlim que permitiram o desenvolvimento dos parques-regionais que se pretendia que funcionassem como medida de salvaguarda dos espaços verdes, naturais e rurais, e de controlo do limite urbano e periferias urbanas características de Berlim (Kühn, 2003; Fazal *et al.*, 2012).

Das estruturas ecológicas apresentadas é possível identificar tipologias com configurações bem definidas, podendo ser referidas como: cinturas/anéis verdes, centros verdes (*green heart*), sistemas de parques verdes e corredores verdes, tipologias que decorreram de ações de planeamento abrangentes e de planos que, sofrendo sucessivas alterações, mantiveram os objetivos e conceitos. Contudo, nem sempre é possível a delimitação de estruturas ecológicas de modo sistemático, permanente e tão definido e onde os usos e funções dos espaços se encontram bem delimitados. Muitas são as situações em que a estrutura ecológica resulta de oportunidades ou estratégias de delimitação em espaços urbanos consolidados ou fragmentados sendo, nestas situações, a delimitação espacial da estrutura ecológica em espaço urbano complexa é difícil, obrigando a entender quais as estratégias mais adequadas em cada contexto biofísico, social, político e económico.

Jack Ahern (1995) considera existirem quatro estratégias para a implementação de estruturas ecológicas (*greenways*) que podem ser utilizadas individualmente ou em conjunto: “*Within this overall view of greenways as strategic planning, there are four principal strategies that may be employed, individually or in various combinations. These strategies are defined as protective, defensive, offensive and opportunistic*” (Ahern, 1995: 139).

A estratégia de delimitação de estrutura ecológica designada de protetora pode ser usada quando a paisagem existente se encontra estável e equilibrada estrutural e funcionalmente. A estratégia designada de defensiva pode ser aplicada quando a paisagem existente se encontra fragmentada e a área consolidada é limitada e isolada. Esta estratégia visa conter o processo negativo da fragmentação funcionando como uma estratégia por reação. A estratégia designada de ofensiva baseia-se numa visão de definição da estrutura ecológica de modo a torna-la articulada e abrangente, diferindo das estratégias protetora e defensiva porque promove/utiliza o desenvolvimento da natureza para construir novos elementos em paisagens anteriormente perturbadas ou fragmentadas. Por fim, a estratégia oportunista envolve o reconhecimento de oportunidades e de as integrar noutras estratégias de ordenamento como acontece nos *greenways* que ficam associados às infraestruturas de transporte. O mesmo autor considera que as estratégias de proteção são sempre preferíveis

às oportunistas e que os objetivos de conservação devem estar sempre presentes nas estratégias que se adotem, mas que também é possível criar e gerir espaços naturalizados.

Kühn (2003) estudou a relação entre a forma da estrutura ecológica e a do espaço urbano e verificou que em abordagens do tipo *greenbelt* tende-se a obter modelos de espaço urbano consolidado/compacto enquanto perante abordagens de estrutura ecológica na perspectiva do *green heart* o modelo de desenvolvimento urbano tende a ser orientado para a expansão regional e o policentrismo. Verificou também que quer para os *greenbelt* quer para os *green heart* as formas da estrutura ecológica têm-se vindo a manter durante as últimas décadas mas que as atribuições funcionais mudaram substancialmente.

Podendo adquirir várias tipologias, as estruturas ecológicas têm vindo a revelar-se como um instrumento de planeamento que oferece simultaneamente o duradouro e o temporário, o permanente e o alterável porque ao delimitarem espacialmente as ocorrências naturais por sobreposição de estruturas de diferentes naturezas: ecológica, edificado, mobilidade e elementos culturais e patrimoniais, concilia-se a condição permanente e imutável dos elementos que fixam e asseguram a sustentabilidade da paisagem com a necessária flexibilidade inerente às dinâmicas do espaço urbano.

2.4 CORREDORES VERDES

2.4.1 Evolução do conceito e definições

Sobre as circunstâncias distintas da evolução do conceito de corredor verde, Jack Ahern (2002: 108) coloca a questão da seguinte forma: *“Development in Europe and the USA have common roots, but to a great extent they went their own way owing to geographical, political and scientific differences. Whereas ecological networks are common in Europe, greenways are much more an American product. (...) Greenways is a ‘new’ word with many meanings.”*

Tendo o termo corredor verde adquirido diferentes significados ao longo do séc. XX não deixou de ser estudado, discutido e implementado, havendo trabalhos e publicações em

ambas as geografias que refletem sobre objetivos, funções e princípios de delimitação, das quais surgiram várias designações e definições que se encontram associadas a corredores verdes podendo dar-se como exemplos: corredores verdes (*greenways*) (Fabos 1995), estrutura verde (Bennett e Mulongoy, 2006), rede de habitats e corredores de vida selvagem (Noss, 1993), estrutura ecológica (Bischoff e Jongman, 1993; Jongman, 2002), infraestrutura ecológica (Benedict e McMahon, 2002), rede ecológica (Kerkstra e Vrijland, 1990), sistema de espaços verdes (Ahern 1991), havendo por vezes diferenças significativas nas suas definições, tendendo umas a ser mais vocacionadas para a proteção e conservação da natureza e outras, a ser mais multifuncionais.

Recentemente a Comissão Europeia adotou a “Estratégia da Infraestrutura verde — Valorizar o capital natural da Europa” COM (2013) que, tem por base a promoção da Convenção da Biodiversidade assim como da Estratégia de Biodiversidade da UE para 2020. Esta estratégia europeia pode ser também vista como um sucedâneo de todo o movimento mundial em prol dos corredores verdes e que se destina quer aos espaços urbanos como aos espaços rurais. A definição de Infraestrutura verde é a seguinte: *“Rede estrategicamente planeada de zonas naturais e seminaturais, com outras características ambientais, concebida e gerida para prestar uma ampla gama de serviços ecossistémicos. Incorpora espaços verdes (ou azuis, se envolver ecossistemas aquáticos) e outras características físicas em zonas terrestres (incluindo as costeiras) e marinhas. Em terra, a infraestrutura verde está presente em meios rurais e urbanos”* (COM(2013) 249 final: 3).

Sendo a estrutura ecológica vista como um termo abrangente inclui diversidade de espaços verdes tais como espaços de conservação e proteção de habitats, sistemas de parques naturais e urbanos e corredores verdes. Os corredores verdes pela capacidade de se estruturarem em rede interligando-se entre si e por poderem percorrer diferentes tipologias de espaços (urbano consolidado, urbano fragmentado, espaço rural, espaços naturalizados) asseguram o funcionamento dos sistemas ecológicos e biodiversidade tal como maior multifuncionalidade no uso do espaço. Jack Ahern propôs a seguinte definição: *“Greenways are networks of land that are planned, designed and managed for multiple purposes including ecological, recreational, cultural, aesthetic, or other purposes compatible with the concept of sustainable land use”* (Ahern 1995: 134).

Definições mais recentes europeias e norte-americanas integram visões abrangentes de multifuncionalidade, oferecendo grande convergência nos seus conteúdos. Apresentam-se algumas definições que se consideram elucidativas dessa atual convergência.

Bennett e Mulongoy (2006) consideram que os corredores verdes podem ter grande variedade de escalas e formas não tendo que ser exclusivamente lineares. Têm por objectivo a conservação de espécies e habitats, e as actividades humanas devem atender ao uso sustentável da paisagem de forma a reduzir os impactes das actividades humanas na biodiversidade.

Paulo Farinha Marques (2004: 71) define corredores verdes como “(...) *estruturas lineares da paisagem, de dimensões variáveis, com um metabolismo uno, continuo e ecologicamente congruente. Constituem um sistema diversificado, protagonizado pelo coberto vegetal, que integra o solo, elementos de água, animais silvestres e utilizadores humanos*”.

Robert Jongman (2002) entende os corredores verdes como elementos constituintes da estrutura ecológica sendo estruturas da paisagem com diversas dimensões, forma e composições de habitats, que estabelecem, mantêm, ou restabelecem a conectividade da paisagem natural, no sentido da conservação das espécies e habitats.

Julius Fabos (2004) considera que os corredores verdes são ecologicamente significativos, podendo ser recreativos e, ou, apresentar valores históricos e culturais. Fabos (1995) também considera que os corredores verdes podem apresentar várias larguras devendo estar ligados entre si e em rede de um modo semelhante com o que acontece com as redes rodoviárias e ferroviárias. A principal diferença consiste na natureza da infraestrutura: a rede do corredor verde é pré-existente.

Little (1990) define corredores verdes como sendo espaços lineares situados ao longo de frentes costeiras, cursos de água e linhas de cumeada, canais, vias cénicas e linhas ferroviárias que ligam entre si grandes e pequenos espaços, como reservas naturais, sítios históricos e elementos de valor cultural, incluindo aglomerados urbanos classificados.

Para efeitos desta dissertação, adota-se como definição de corredor verde estruturas predominantemente lineares, de dimensão variável, que asseguram o funcionamento dos sistemas ecológicos e integram as actividades humanas do presente e do passado, constituindo sistemas diversificados no uso e que têm por elementos constituintes fundamentais a arborização, o solo, a água, a biodiversidade e o próprio homem.

Robert Searns, diretor da “The Greenway Team, Inc.” – empresa norte americana com mais de 30 anos dedicados à implementação de corredores verdes, propõe a existência de três gerações na evolução do conceito de corredor verde. A primeira geração corresponde aos primeiros corredores verdes que resultaram de ações de planeamento

urbano podendo ser considerados os grandes eixos arborizados: os *boulevards* e os *parkways* dos séculos XIX e XX (Searns, 1995). A segunda geração (1960-1985) é identificada como sendo aquela em que os corredores verdes são encarados como espaços destinados ao lazer capazes de providenciar o acesso do público aos parques e espaços naturais como sejam linhas de água, canais e linhas ferroviárias abandonadas através de trilhos afastados dos percursos rodoviários. A terceira geração (a partir de 1985) aborda um amplo espectro de objetivos incluindo proteção de habitats, redução de risco de inundação, preservação da qualidade da água, preservação dos recursos culturais, fornecimento de áreas recreativas, aspetos estéticos, formação, educação ambiental e cultural e relação com as infraestruturas (Searns, 1995). Nesta última geração os corredores verdes apresentavam-se como sendo multiobjectivos e multifuncionais.

Considera-se que a classificação de Searns permite entender a evolução dos objetivos e funções que foram sendo contemplados nos corredores verdes. Uma outra classificação, apresentada por Fabos (2004), também merece atenção, pois reflete o modo como os corredores verdes têm vindo a ser implementados e entendidos nos EUA, perspectivas que têm vindo a ser acompanhadas e alvo de ampla reflexão na Europa.

Para Fabos (2004), os corredores verdes apresentam 5 fases evolutivas, correspondendo a primeira fase (1867-1900) às primeiras intervenções realizadas nos Estados Unidos por Frederick Law Olmstead das quais se destaca o Boston Park System, geralmente conhecido pelo “Emerald Necklace” (Figura 2.5). Incluem-se ainda nesta fase os trabalhos realizados pelo arquiteto paisagista Charles Eliot (1859-1897) de 1893 para o “Boston Metropolitan Park System” que estabelece ligações entre a cidade e a paisagem envolvente, numa escala metropolitana, dando origem aos grandes parques regionais e às primeiras reservas florestais (Fabos, 2004).

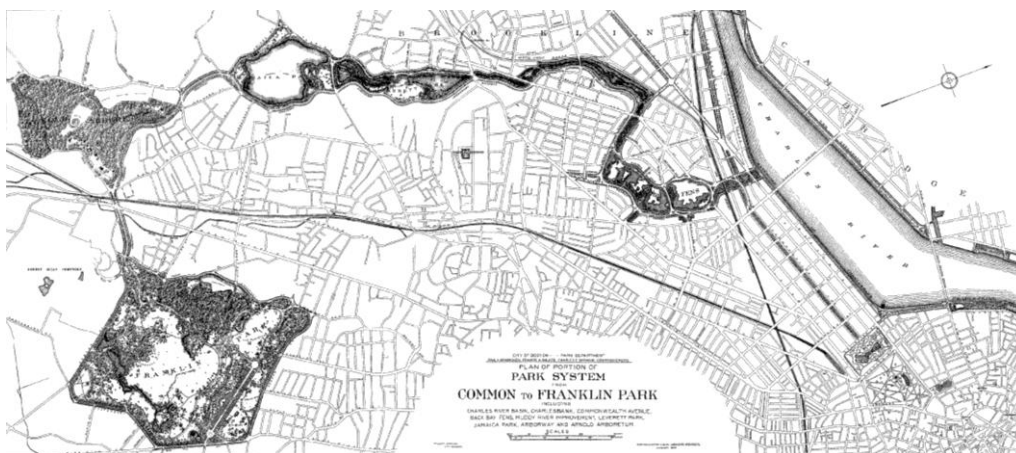


Figura 2.5 Emerald Necklace de Frederick Law Olmsted. Boston 1878. Mapa de 1896
Fonte: <http://darkwing.uoregon.edu/~helphand/bostonpgsone/bostonpg1.html>

A segunda fase (1900-1945) corresponde aos trabalhos dos sucessores de Olmstead, os seus filhos através da empresa “Olmsted Brothers”, Henry Wright e Charles Eliot II. Em 1903 os irmãos Olmstead projetaram em Portland, Oregon, um sistema de parques com 40 milhas de extensão, vulgarmente designado de “40-Mile Loop”. O arquiteto paisagista promotor da cidade-jardim Henry Wright (1878-1936), em 1926, desenvolveu um plano regional para Nova Iorque onde propôs a recuperação de áreas florestais e do corredor associado ao rio. Charles Eliot II, sobrinho de Charles Eliot, em 1928 desenvolve o “Open Space Plan for the Commonwealth of Massachusetts” que se apresenta na Figura 2.6 (Fabos, 2004). Nesta fase as propostas desenvolvidas para os corredores verdes inseriam diferentes tipologias de espaços verdes, integravam estruturas de circulação (rodoviária, pedonal, fluvial), resolviam questões de drenagem e permitiam a fruição da paisagem podendo ser consideradas bastante inovadoras (Fabos, 2004).

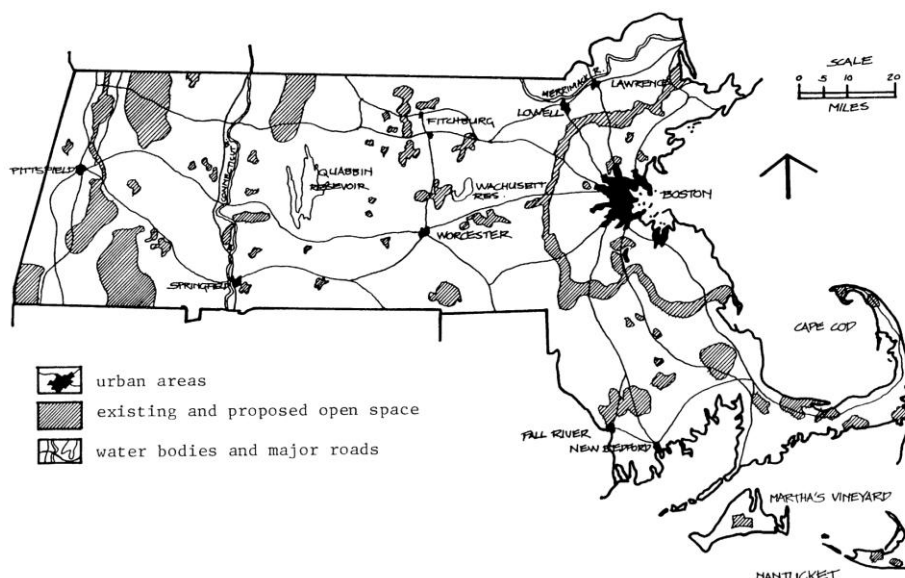


Figura 2.6 Open Space Plan for the Commonwealth of Massachusetts, 1928
Fonte: Fabos, 1985 p. 117

A terceira fase (1960-1970) corresponde à introdução de conceitos e metodologias de trabalho associadas às questões ambientais e ecológicas. De entre os trabalhos desenvolvidos ter-se-á que destacar a obra já referida no subcapítulo 2.2 *Design with Nature* (1969) de Ian McHarg pela apresentação de metodologias que permitiam a introdução de um vasto conjunto de fatores (ambientais, culturais, económicos e sociais) em trabalhos de planeamento. Também se terá de mencionar o arquiteto paisagista Philip Lewis (n. 1925) pelo seu trabalho Wisconsin Heritage Trail Plan de 1964 (Figura 2.7) onde propõe uma rede de corredores verdes com cerca de 300km ao longo do estado de Wisconsin que vão incluir os recursos naturais e culturais mais significativos da região e percursos pedonais (Lewis, 1996).

Ervin Zube (1931-2002) e Julius Fabos destacam-se pelos trabalhos de planeamento associados aos corredores verdes desde a década de 60 (Fabos, 2004).

Relativamente a Fabos destaca-se o trabalho que realizou em colaboração com a American Society of Landscape Architects, o “New England Greenway Vision Plan” de 1999 na Nova Inglaterra, onde definiu corredores verdes, em seis Estados numa área de cerca de 16 milhões de hectares (Figura 2.7). O plano tinha por objetivo a proteção da natureza, a integração dos valores históricos e culturais e a criação de oportunidades de recreio enfatizando as características lineares, importância da conectividade e a multifuncionalidade (Ahern, 2002).

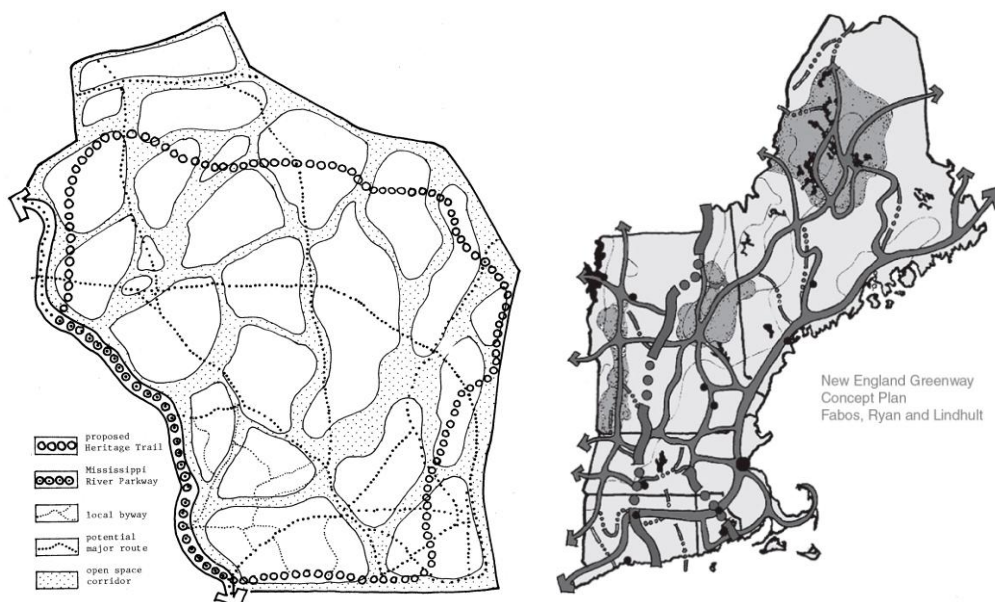


Figura 2.7 Wisconsin Heritage Trail Plan de 1964 de Phil Lewis e New England Greenway Vision Plan (Fabos, Lindhult and Ryan 1999)

Fonte: Fabos, 1985 p. 118 e Ahern, 2002 p. 126

A quarta fase (1980-1990) corresponde à consagração do conceito de corredores verdes sendo aceite como elemento fundamental no planeamento. O conceito reflete a complexidade dos territórios incorpora os conhecimentos de várias áreas científicas e é evolutivo. A publicação de *Greenways for America* de Charles Little (1990), tornou-se numa excelente fonte de informação e divulgação do planeamento dos corredores verdes (Fabos, 2004).

A quinta e última fase (desde 1980) corresponde ao crescimento internacional do movimento dos corredores verdes e implementação nos EUA verificando-se que as publicações empregam internacionalmente a designação de corredores verdes (Fabos, 2004).

Quer nas definições quer na evolução dos conceitos associados aos corredores verdes refletem-se preocupações de proteção e conservação dos recursos naturais e biodiversidade, inserção dos valores históricos e culturais, recreio e alternativas de sistemas de mobilidade nomeadamente circulação pedonal e linhas ferroviárias, numa oferta de qualidade cénica e ambiental dos percursos, sem se perder a conectividade entre os elementos da estrutura ecológica e independentemente da escala e forma em que se encontrem definidos.

2.4.2 Tipologias

Fabos (1995; 2004) desenvolveu uma classificação tipológica para os corredores verdes que teve por base as suas funções dominantes, considerando existirem três classes:

- a) Corredores verdes ecológicos que correspondem aos corredores significativos onde se inserem os sistemas naturais. Incluem principalmente rios, áreas costeiras e linhas de cumeada e têm por principais objetivos a preservação da biodiversidade e assegurar a migração de animais selvagens e estudos adequados da natureza;
- b) Corredores verdes de recreio que correspondem aos caminhos, espaços de água e áreas e locais de recreio; caminhos e rotas que passam por paisagens com qualidade cénica diversificadas e significativas. O recreio pode ocorrer em áreas urbanas ou rurais, e a escala pode ser local, regional, nacional ou internacional;
- c) Corredores verdes com património histórico e valores culturais que pretendem atrair turistas e fornecer recreio, formação e benefícios cénicos e económicos; fornecem espaços habitacionais de alta qualidade nas margens dos corredores verdes para habitação permanente e sazonal; acomodam recursos hídricos, fazendo simultaneamente a prevenção de inundações, integram espaços com potencialidade para a implantação de infraestruturas alternativas de circulação (ciclovias dentro de áreas urbanas); oferecem modos de expressão cultural, entre muitas outras possibilidades.

Ao se definirem tipologias de corredores verdes definem-se espaços que vão condicionar a forma urbana por obrigarem a determinadas conexões, continuidades e até dimensões que permitam a existência de determinados ciclos ecológicos ou hidrológicos. Quanto mais reduzida for a expressão espacial do corredor verde mais relevantes se tornam as conectividades e a arborização pelo estabelecimento de relações morfológicas com os elementos construídos e desempenho das funções ecológicas e de amenidade climática e necessidade de se estabelecerem relações simbólicas e estéticas com os habitantes do espaço urbano (Lawrence, 1995; Konijnendijk, 2003).

Ao se definirem tipologias de corredores verdes está-se a definir aptidões ecológicas, condicionantes ao edificado e a orientar vivências das populações, pelo que se trata de ações de projeto e de planeamento de grande significado.

2.4.3 Escala

As escalas dos corredores verdes são várias, sendo aplicada uma classificação hierárquica de modo semelhante ao que ocorre com os rios e estradas. As classificações não são absolutas, nem universais, refletem apenas ordens de magnitude. As ordens de maior escala são supranacionais e representam áreas territoriais extensivas, enquanto as ordens de menor escala estão mais associadas a características específicas naturais e culturais. No estabelecimento das ordens, para além da óbvia diferença física relacionada com o tamanho, existem correspondências associadas a unidades estratégicas e de orientação funcional (Ahern, 1995).

Dada a importância e influência da escala no desenho dos corredores verdes e do espaço urbano, o planeamento e projeto deverão ser simultaneamente realizados em escalas abrangentes e escalas de pormenor, e perspectivada uma estrutura em rede fazendo-se permanente simulação e avaliação das consequências que estas ações de projeto e de planeamento têm sobre a paisagem no contexto espacial (geográfico, social e cultural), ecológico e temporal.

Nos espaços urbanos, quando em situações de forte constrangimento pela densificação e impermeabilização, os corredores verdes podem ficar reduzidos a uma representação de *Edge spaces* no entendimento que lhe é dado por Kullmann (2011) de que são elementos lineares que penetram no espaço urbano podendo ao longo da sua extensão apresentar diferentes larguras e funções, ajustando-se e tendo íntimas relações com a forma urbana. Na representação de *Edge spaces* os corredores verdes podem estar associados à presença de elementos hídricos (rios, ribeiras, canais de drenagem) e infraestruturas (viárias e ferroviárias), podendo ser entendidos como estruturas verdes com funções e objetivos mais restritos do que habitualmente os corredores verdes apresentam, constituindo-se como corredores lineares ambientalmente agradáveis (biodiversidade, sistema hídrico e solo, qualidade do ar) (Iman, 2006), que estabelecem relações com o edificado, constituindo-se como elementos de referenciação e legibilidade fundamentais em espaço urbano na interpretação dada por Lynch (2008).

Os *Edge spaces* sendo corredores verdes em espaço urbano de reduzida expressão espacial podem ser o resultado de processos de planeamento ou projeto que definem usos do solo, ou resultar do subproduto de uma infinidade de processos económicos e culturais destacando-se: servidões de transporte (realizadas ou projetadas), servidões de infraestrutura de energia, fronteiras políticas, orlas pós industriais, rios, ribeiras e zonas de *buffer* de avanço de áreas urbanas (Kullmann, 2011), resultando muitas vezes em corredores verdes de oportunidade. Nos *Edge spaces* podem-se encontrar várias tipologias de espaços públicos como praças, largos, avenidas (*boulevards*), *thin parks* (Kullmann, 2011) e *linear parks*, individualmente ou coexistindo ao longo do corredor verde, devendo a importância destes corredores verdes de reduzida expressão espacial ser entendida na perspetiva da conectividade a estabelecer na estrutura ecológica, promoção da biodiversidade e ecologia urbana.

Os *Edge spaces* ao apresentarem grande relação de proximidade com o edificado e serem espaços verdes fortemente marcados pela linearidade, permitem o fácil acesso das populações aos elementos naturais funcionando como interface e ligação entre a cidade e a natureza, permitindo experienciar contextos mais naturalizados (Iman, 2006). A linearidade destes espaços oferece também vantagens associadas ao transporte de água e nutrientes e deslocação de espécies silvestres, tal como à deslocação do homem dentro do espaço urbano (Ahern 1995).

2.4.4 Continuidade e Conectividade

Os corredores verdes implicam a presença de sistemas lineares contínuos considerando-se ser esta característica fundamental para que se consiga assegurar o desempenho dos vários objetivos e funções. No entanto, a continuidade *per si* não é suficiente, sendo necessário que os corredores verdes se encontrem organizados em rede pelo que a conectividade é uma condição essencial (Madureira, 2012).

Conectividade *“is defined here as a spatial characteristic (i.e. landscapes) which enables and supports specific processes and functions to occur, through adjacency, proximity or functional linkage and connection”* (Ahern 2002: 114)

Na conectividade ter-se-á que avaliar questões estruturais e funcionais. A conectividade estrutural atende ao modo como os diversos tipos de habitats se inserem na estrutura física da paisagem enquanto a conectividade funcional responde aos comportamentos e movimentos dos indivíduos, espécies, ou processos ecológicos que decorrem na estrutura física da paisagem. A conectividade estrutural mede-se, regra geral, através da análise da estrutura da paisagem ou seja da organização espacial dos habitat e a conectividade funcional, para além da informação espacial, necessita também de estudos relativos aos movimentos dos organismos ou processos da paisagem (Bennett, 1998; Jongman 2002; Crooks e Sanjayan, 2006; Taylor *et al.*, 2006). Sendo a conectividade estrutural geralmente mais facilmente mensurável é, por isso, mais utilizada em estudos e planos mas a conectividade funcional terá sempre que ser atendida pois uma paisagem estruturalmente em rede pode ser funcionalmente conectada para umas espécies e, para outras não (Taylor *et al.*, 2006).

É consensualmente aceite que a conectividade é importante na manutenção, preservação e promoção da biodiversidade, sendo este um aspeto focado por um número vasto de autores porque minimiza a redução do número e área dos habitats naturais resultantes da fragmentação pelo edificado (Forman 1995; Bennett, 1998; Hess e Fischer 2001; Ahern, 2003).

No entanto, ter-se-á sempre que atender às limitações que espaços lineares em espaços urbanos com grandes pressões antrópicas possam ter. Quando definidos com áreas muito restritas, a redução da capacidade de sobrevivência das populações aumenta e, neste sentido, pode-se aumentar o risco da sua extinção (Jongman *et al.*, 2004). Áreas restritas aumentam a necessidade das espécies se dispersarem por vários locais através de uma paisagem mais ou menos hostil, sendo que para algumas espécies, a conectividade é medida pela distância entre locais e, para outras, conta a estrutura da paisagem, pelo que assegurar a conectividade por meio de áreas muito restritas pode representar simultaneamente a presença de umas espécies e a ausência de outras.

As paisagens profundamente alteradas pela homogeneização das práticas e culturas agrícolas, expansão da urbanização e implantação das infraestruturas (Jongman, 2002), provocam o aumento da fragmentação causando efeitos negativos bióticos e abióticos (Ahern, 1995) pelo que a conectividade com espaços estruturados têm papel fundamental, porque são espaços que podem funcionar como trampolins capazes de conectar remendos isolados e, assim, ajudar a combater os efeitos da fragmentação (Forman e Godron, 1986; Ahern, 1995).

A importância da conectividade no desenho do espaço urbano advém da característica espacial dada pela continuidade porque oferece a capacidade de relacionamento com outros corredores verdes e elementos verdes pontuais delimitados, levando a que os corredores verdes possam ter maior ou menor circulação da fauna, diversidade em flora, influência na luminosidade, temperaturas, humidade e transporte de materiais (Hilty *et al.*, 2006).

A maior ou menor eficácia ecológica a obter com o estabelecimento de conectividades funcionais e estruturais pela definição de corredores verdes conectados só poderá ser provada ao longo de décadas (Ahern, 2003).

No entanto, quando se intervém em espaços urbanos, face às dinâmicas próprias destes espaços nomeadamente com introdução de novas atividades, processos de urbanização, revitalização urbana, espaços que se consideram de baixa eficácia ou desempenho são geralmente mais sujeitos a pressão para alteração dos seus usos, pelo que as soluções conceptuais a desenvolver no estabelecimento de corredores verdes que pretendam desenvolver conectividades funcionais e estruturais terão de considerar o fator tempo antecipando as pressões que possam vir a ser estabelecidas.

2.4.5 Multifuncionalidade

Entre as funções que os corredores verdes devem desempenhar no espaço urbano destaca-se a proteção e conservação dos recursos naturais associando-se, sempre que possível, a preservação e recuperação da qualidade da paisagem (Ribeiro e Barão, 2006). No entanto, verifica-se que a concretização destes objetivos em espaços exclusivamente dedicados à proteção dos recursos nas paisagens dos países desenvolvidos se torna quase impossível, dado se estar perante paisagens culturais, onde durante séculos o homem tem vindo permanentemente a intervir. Nestas paisagens com forte carga humana considera-se ser mais apropriado aproximações multifuncionais verificando-se haver tendência para se inserir nos corredores verdes para além da dimensão ecológica outras funções (Ahern, 1995). Segundo Madureira (2011) a ideia da multifuncionalidade tem vindo a convergir em duas tendências de atuação:

- desempenho de várias e diferentes funções no espaço urbano (espaciais, ecológicas, sociais, culturais e económicas) pelo que é natural que seja multifuncional;
- recentes estratégias de planeamento que fazem oposição ao zonamento monofuncional desenvolvendo-se propostas de multifuncionalidade do espaço.

Nos países desenvolvidos, a tendência da multifuncionalidade necessitará de um desenho espacial que obrigue a uma correta articulação entre os diferentes componentes que devem estar estruturalmente diferenciados e funcionalmente diferenciados, continuados e conectados de modo a que as relações espaciais e funcionais sejam conciliadoras das funções ambientais, sociais e económicas desempenhadas pelas áreas verdes (Madureira, 2012).

O recreio, pelos benefícios que lhe são atribuídos, é possivelmente das funções mais comumente reconhecidas nos corredores verdes (Smith e Hellmund, 1993) especialmente quando localizados ao longo de outras estruturas que também apresentam características lineares, como sejam as infraestruturas de circulação, porque fornecem elementos cênicos adequadas às atividades (caminhar, marcha, ciclismo, elétrico, metro) (Conine *et al.*, 2004). Os mesmos autores referem que estes meios mais recreativos de circulação, podem servir como circuitos alternativos de transporte, ligando centros de emprego e zonas residenciais

que, caso contrário, teriam de ser ligadas somente através de redes viárias podendo-se constituir como modos mais sustentáveis de mobilidade.

Outras funções podem ser desenvolvidas pelos corredores verdes nos espaços urbanos, nomeadamente na área da educação ambiental, delimitação do crescimento urbano e integração de infraestruturas de circulação (Groome, 1990), aumento do valor da propriedade (no interior e em zonas adjacentes), promoção do desenvolvimento do turismo e criação de emprego e oportunidades comerciais (Viles e Rosier, 2001), regularização climática, purificação da atmosfera, redução dos consumos energéticos, conservação da biodiversidade e recursos naturais e saúde preventiva e curativa (Madureira, 2012).

2.5 A ARBORIZAÇÃO DOS CORREDORES VERDES DO METRO

O metro do Porto é uma infraestrutura de transporte público essencialmente de superfície caracterizando-se pela sua linearidade e continuidade. Paralelamente ao sistema do metro foram integrados no espaço público sistema rodoviário, circuitos pedonais, sistema de espaços verdes como sejam parques, jardins e espaços abertos que incluem praças e largos.

Esta opção tem por objetivo aumentar a frequência e número de utilizadores do metro do Porto ao tornar a circulação mais atrativa e confortável, disponibilizar circuitos alternativos e rápidos de transporte e definir percursos pedonais, possibilitando que as ligações entre centros de emprego e zonas residenciais se possam fazer por meios mais sustentáveis de mobilidade que, caso contrário, teriam de ser realizados somente através de redes viárias.

O metro do Porto atravessa territórios diversificados, passando pelo urbano consolidado e urbano fragmentado, sendo a arborização que se encontra ao longo das suas linhas de superfície capaz de assegurar continuidade e interligação entre os vários espaços públicos de diferentes dimensões e tipologias, constituindo-se como corredores verdes de dimensão variável intimamente associados à infraestrutura de transporte público.

Esta arborização independentemente da escala e tipologia em que formalmente esteja representada assegura continuidade, conectividade e multifuncionalidade, e é marcadamente linear atravessando espaço urbano de sete municípios da AMP, garantindo funções ecológicas e de recreio e integrando valores naturais e culturais em locais de grande atividade humana, pelo que se considera serem corredores verdes lineares metropolitanos inseridos e interligados com a estrutura ecológica da Área Metropolitana do Porto associados à rede de transporte do metro do Porto, passando a ser referidos como Corredores Verdes do Metro do Porto.

Os Corredores Verdes do Metro do Porto visam integrar-se ou estabelecer ligações com as Estruturas Ecológicas que se têm vindo a definir para a AMP e que refletem a perspetiva do planeamento hierárquico de Portugal. Entre 2004 e 2009 definiram-se para a AMP a “Estrutura Ecológica Fundamental da Área Metropolitana do Porto”, que apresenta uma visão para a região noroeste e a “Rede de Parques Metropolitanos da Grande Área Metropolitana do Porto”, tendo ambos os estudos sido realizados pelo CIBIO (Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos) da Universidade do Porto. Estas estruturas ecológicas integram veigas, serras, linhas de água, cordão litoral, parques, jardins e paisagens de valor natural (Andresen, 2010). A nível local são definidas pelos municípios as estruturas ecológicas municipais que, essencialmente, integram as áreas de conservação e proteção dos recursos naturais e biodiversidade, espaços destinados ao recreio e espaços de proteção às grandes infraestruturas e equipamentos. Os Corredores Verdes do Metro do Porto ao atravessarem os municípios da AMP vão conseguir estabelecer ligações com os elementos definidos e integrados nas Estruturas Ecológicas de nível metropolitano e local.

Muitos são os exemplos nacionais e internacionais de corredores verdes que recentemente têm vindo a ser instalados em espaços urbanos e que são elucidativos das preocupações que hoje se apresentam nestes espaços como sejam: necessidade do recreio na proximidade dos locais de trabalho e residência, restabelecimento da multifuncionalidade da rua, redução da presença de espaços resíduo ou obsoletos, reajustamentos face às alterações climáticas e melhoria da qualidade ambiental. De entre os vários corredores verdes recentemente construídos referem-se o Rose Fitzgerald Kennedy Greenway em Boston, a High Line em Nova Iorque, o South East London Green Chain em Londres assim como o Corredor Verde do Monsanto em Lisboa por serem representativos de diversidade de soluções, estarem associados a mobilidade e apresentarem multifuncionalidade.

O Rose Fitzgerald Kennedy Greenway situa-se no centro de Boston sendo o resultado de uma intervenção de reconversão urbanística que tinha por objetivos: a devolução do espaço público para atividades de recreio e lazer, fazer o restabelecimento de ligações entre espaço público e a edificação e introduzir arborização no espaço urbano. A nova solução promovia a multifuncionalidade agregando várias funções no espaço por oposição à segregação de funções que existia. Para que se pudesse estabelecer o corredor verde foi necessário construir um sistema de túneis que atravessam parte da cidade, conhecido por "Big Dig", cuja construção teve início em 1991. Este sistema de túneis permite a circulação automóvel subterraneamente sendo reconhecido como um dos maiores, mais complexos e tecnologicamente desafiantes na história dos Estados Unidos. Na superfície foi criado um corredor verde, constituído por uma série linear de parques, jardins, praças e avenidas arborizadas numa extensão de 2 km com cerca de 6 ha de área, através da Chinatown, centro financeiro e porto marítimo. Este corredor verde oficialmente aberto em 2008 foi fundamentalmente criado a partir da demolição da autoestrada John F. Fitzgerald Expressway sendo considerado como um espaço diferenciador da atual cidade de Boston (Rose Fitzgerald Kennedy Greenway, s/d.).

Outro dos corredores verdes recentemente construídos situa-se em Nova Iorque sendo designado de High Line. Corresponde a parte da linha ferroviária de transporte de mercadorias que funcionou entre 1930 e 1980 em Manhattan, tendo em 2005 parte da linha sobre-elevada situada a sul da rua 30 sido doada à cidade (Câmara) pela CSX Transportation Inc. Após a doação desta parte da linha, desenvolveram-se ações no sentido de a reconverter num espaço de recreio arborizado tendo sido encomendado ao gabinete de arquitetura paisagista James Corner Field Operations, um projeto que, conjuntamente com os arquitetos Diller Scofidio e Renfro e o *garden design* Piet Oudolf, executaram uma primeira fase correspondente à área compreendida entre Gansevoort Street e West 20th Street, que foi inaugurada em 2009. A segunda fase do projeto realizada pelo mesmo gabinete foi inaugurada em 2011 e compreendia a área entre a West 20th Street e West 30th Street.

Hoje o High Line é um parque público resultante da conversão do transporte industrial, ou seja a pré-existência foi utilizada como um elemento pós-industrial de lazer e requalificação urbana. Os projetistas inspiraram-se na beleza da vegetação que cresceu de modo "indisciplinado" mas intimamente relacionado com a infraestrutura urbana, aplicando uma estratégia de "agri-tecture" onde se combina a vegetação com os elementos construtivos inertes numa mistura e proporções que permite a coexistência da natureza, intimismo e o "hiper-social". O High Line oferece uma experiência linear que é marcada pela

lentidão, distração e um “outro-mundanismo” que preserva o carácter da linha ferroviária mas que oferece flexibilidade e capacidade de resposta às necessidades de mudança, oportunidades e desejos do contexto em que se encontra inserida, ou seja os projetistas consideram que a proposta é para permanecer perpetuamente inacabada, de modo a poder sustentar o crescimento do espaço e mudar ao longo do tempo (High line, s/d.).

Em Londres, o corredor verde designado The South East London Green Chain, também conhecido como Green Chain Walk é constituído por um sistema de 300 espaços abertos ligados entre si, entre o Rio Tamisa e Crystal Palace Park. O corredor verde The South East London Green Chain, começa em três locais distintos de Londres: no Rio Tâmesa - Thames Barrier, no Thamesmead, e na margem ribeirinha em Erith.

Com base numa parceria estabelecida em 1977 entre quatro bairros de Londres: Bexley, Bromley, Lewisham e Greenwich, dignados de “London Boroughs” e o Greater London Council foi possível delimitar este conjunto de espaços abertos tendo por objetivo a sua proteção da pressão urbanística. Muitos dos espaços que integram este corredor verde fazem também parte do Capital Ring Route.

O The South East London Green Chain integra espaços com carácter distinto podendo-se encontrar florestas seminaturais, parques históricos, picadeiros, campos de jogos, cemitérios, hortas, linhas de água, zonas húmidas e espaços verdes integrados em espaços residenciais. Estes espaços verdes permitem conexões com outras zonas verdes da cidade. Trata-se de um corredor verde multifuncional que assegura conectividades, protege espaços ecologicamente sensíveis e permite o recreio (Mayor of London, 2012).

Em Lisboa, o Corredor Verde de Monsanto começou a ser definido em 1977 pelo Arquiteto Paisagista Gonçalo Ribeiro Telles, tendo nessa altura sido “*formalizado o conceito de corredor verde, integrado na estrutura ecológica da cidade*” de Lisboa (Câmara Municipal de Lisboa, s/d.). Este corredor verde faz a ligação entre o centro da cidade de Lisboa e o Parque Florestal de Monsanto, maior parque urbano de Portugal com 900ha de área, através de uma estrutura natural contínua constituída por um conjunto de espaços verdes interligados numa extensão de 2,5km e que ocupam cerca 51ha de área. Trata-se de um corredor que integra um conjunto diversificado de espaços verdes.

Através deste corredor verde é possível percorrer a Avenida da Liberdade, Parque Eduardo VII, Jardim Amália Rodrigues, prado situado junto do Palácio da Justiça, parque de *skates* e *fitness*, miradouros, Ponte Ciclopedonal Gonçalo Ribeiro Telles, Jardins da Amnistia Internacional, Parque Hortícola Jardins de Campolide, Parque de Recreio Infantil e Juvenil e o Parque Urbano da Quinta José Pinto chegando-se ao parque do Monsanto, pelo que este corredor se configura como uma peça fundamental da Estrutura Ecológica da cidade de Lisboa.

O corredor verde de Monsanto pretende preservar as áreas que são capazes de assegurar o funcionamento de sistemas fundamentais como sejam o hídrico e o atmosférico. Ainda associa aos seus objetivos criar sistemas de mobilidade alternativos oferecendo percursos pedonais e velocipédicos.

Trata-se de um corredor multifuncional que protege espaços ecologicamente sensíveis, permite o recreio e integrava os valores culturais (Câmara Municipal de Lisboa, s/d.).

Os corredores verdes apresentam-se hoje com diferentes escalas e funções tendo por objetivos a preservação da biodiversidade e dos elementos fundamentais da paisagem como sejam o solo e a água e de integrar os valores culturais e estéticos tal como responder às necessidades de recreio, tendo-se cada vez mais perceção da permanente evolução e adaptação das suas funções dadas as alterações e dinâmicas que os espaços urbanos apresentam. É neste contexto diversificado de escalas, objetivos e funções que a arborização dos Corredores Verdes do Metro se terá que enquadrar assegurando a continuidade, linearidade e conectividade.

2.6 A ÁRVORE COMO ELEMENTO ESTRUTURANTE DOS CORREDORES VERDES E DO ESPAÇO URBANO

Os espaços verdes apresentam-se como elementos fundamentais da estrutura ecológica urbana e desempenham funções estratégicas nos espaços urbanos. A árvore, individualmente ou em grupo, é um dos principais elementos que integram os espaços verdes que constituem os corredores verdes e estruturas ecológicas. No caso particular dos

corredores verdes, a árvore é um elemento estruturante e tem um contributo de primordial importância para a linearidade, assim como para a continuidade e conectividade. Considera-se que a árvore é estruturante nos corredores verdes dos espaços urbanos na conceção dada por Jorge Carvalho (2009^b) de que são elementos estruturantes aqueles que, numa determinada escala e abordagem, simultaneamente funcional e perceptiva, se revelem como sendo os mais importantes, inserindo simultaneamente:

- perspectiva funcional, dando destaque a eixos principais de circulação, demarcação de centralidades espaciais, determinação de volumes e definição de barreiras físicas;
- legibilidade no espaço urbano na definição de Kevin Lynch: caminhos, fronteiras, nós, pontos de referência;
- integração do conceito atual de corredor verde que se revê como "herdeiro" do conceito inicial de *continuum naturale*.

As árvores no espaço urbano definem funções e legibilidade de modo individual ou em conjunto pelos volumes, cortinas, alinhamentos, ritmos, formas e pontuações, estabelecendo no espaço urbano sistemas contínuos ou semi-contínuos, sendo definidoras da forma urbana tal como fazem a diferenciação entre os espaços construídos e os espaços abertos.

As árvores possuem um papel importante como elemento estruturante e de percepção da paisagem através das suas formas, cores, texturas e atribuição estética porque podem sinalizar, reforçar ou induzir percursos, criar e sugerir momentos de parar, de ver, de sentar, de surpreender e reforçar as qualidades cênicas (Pereira, 2006).

O presente sub-capítulo abordará aspetos relacionados com a definição de arborização urbana tendo por objetivos esclarecer quais as árvores que se estão a tratar na presente dissertação, seguindo-se uma reflexão sobre o modo como a árvore se tem vindo a introduzir no espaço urbano, primeiro numa perspectiva internacional e, depois incidindo sobre os concelhos do Porto, Matosinhos, Maia e Gondomar.

2.6.1 A Arborização urbana

Para além da designação de árvore em espaço urbano aplicar-se-á nesta dissertação a designação de arborização urbana para referir as árvores que se encontrem plantadas, individualmente ou em conjunto no espaço urbano em ruas, praças, jardins, parques e bosques que tenham densidades de povoamento inferiores aos povoamentos florestais¹.

A designação arborização urbana não é consensual sendo atribuídas diferentes designações às árvores que se situam em espaço urbano nos vários países (Konijnendijk, 2003; Konijnendijk *et al.*, 2006).

No estudo *Urban Forests and Trees* realizado no âmbito da Cost Action E12 em 22 países europeus constatou-se que existem designações próprias dadas por cada país tendo Konijnendijk (2003) face às designações e definições apresentadas pelos vários países europeus que participaram no estudo, concluído que se dividem essencialmente entre floresta urbana (*urban forestry*) e arborização urbana (*urban forest*) sendo que, no geral, quer uma quer outra incluem bosques, jardins, parques, bem como árvores individuais. No Quadro 2.1 apresentam-se alguns exemplos de definições de floresta urbana e arborização urbana que foram apresentados no âmbito estudo COST Action E12 *Urban Forests and Trees*.

¹ Em Portugal de acordo com o Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas indica-se como sendo densidade de um povoamento florestal o número de árvores existentes num povoamento florestal por unidade de área (unidades: nº árvores/ha). Considera-se que um povoamento florestal é a área ocupada com árvores florestais com uma percentagem de coberto no mínimo de 10% (definido pela razão entre a área da projeção horizontal das copas e a área total da parcela), que ocupa uma área no mínimo de 0,5 ha e largura não inferior a 20 m, e que o arvoredo florestal é aquele que, pelas suas características ou forma de exploração, tenha atingido, ou venha a atingir, porte arbóreo (altura superior a 5 m), independentemente da fase em que se encontre no momento da observação (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, s/d.^a).

Quadro 2.1 Exemplos de definições de arborização e florestas urbanas fornecidas pelos peritos nacionais apresentados no âmbito estudo do COST Action E12 *Urban Forests and Trees*

País	Definição de floresta urbana (<i>urban forest</i>) e/ou arborização urbana (<i>urban forestry</i>)
Finlândia	Arborização urbana (<i>urban forest</i>) corresponde às florestas localizadas em ou na envolvente de espaços urbanos, onde a principal função seja o recreio. Considera-se que as florestas da arborização urbana são constituídas fundamentalmente por vegetação natural, excluindo a definição os parques “artificiais” com relvados.
Alemanha	Nenhum termo é adequado para englobar as florestas urbanas e a arborização. Tradicionalmente utilizam o termo “Stadtwald” para a floresta. Quando se referem à arborização urbana (<i>urban forest</i>) geralmente incluem as florestas plantadas pelo homem em áreas antes agrícolas ou espaços especificamente projetados e mantidos para o recreio da população urbana.
Grécia	Arborização urbana (<i>urban forest</i>) está associada aos espaços verdes urbanos e inclui: (a) árvores das ruas das cidades; (b) parques e jardins, dentro dos limites de cidade; (c) florestas ao redor de vilas e cidades
Irlanda	Apresentam uma definição ampla, semelhante ao conceito norte-americano de floresta urbana (<i>urban forestry</i>). Incluem-se as florestas que estão em e na envolvente do espaço urbano sendo adotados princípios de gestão florestal.
Itália	O termo arborização urbana (<i>urban forest</i>) é pouco utilizado. O conceito de floresta urbana (<i>urban forest</i>) e árvores é integrado no conceito mais abrangente de “vegetação urbana”, entendida como sendo qualquer espaço aberto em áreas urbanas que tenha sido projetado e que integre elementos de vegetação que sejam mantidos.
Holanda	Aproximadamente 10% de todas as florestas holandesas são consideradas arborização urbana (<i>urban forest</i>). Para as florestas situadas em espaço urbano geralmente utilizam o termo “Stadsbos” e para definir a arborização que se situa nas zonas urbanas geralmente utilizam o termo “verde urbano”.
Reino Unido	As áreas verdes públicas urbanas incluem áreas naturais, florestas urbanas, parques, áreas verdes, jardins públicos, ruas e árvores ao longo das estradas. No Reino Unido a floresta urbana (<i>urban forestry</i>) é uma atividade multidisciplinar que abrange a conceção, planeamento, reprodução e gestão de árvores, florestas e vegetação associada aos espaços abertos, que são geralmente fisicamente ligados para formar um sistema em rede. Serve uma variedade de funções de múltiplos propósitos, mas é principalmente para a amenidade e a promoção do bem-estar humano.

Fonte: Konijnendijk, 2003 e Konijnendijk *et al.*, 2006

Nos Estados Unidos e Canadá, a designação que se utiliza desde a década de 60 do séc. XX é a de floresta urbana (*urban forestry*) sendo apresentada por Miller (1997: 27) como “*the sum of all woody and associated vegetation in and around dense human settlements, ranging from small communities in rural settings to metropolitan areas*”. O autor inclui na sua definição de floresta urbana as árvores de ruas, avenidas, praças, parques, unidades de conservação e áreas de preservação remanescentes de ecossistemas naturais. De entre as várias definições para floresta urbana a que mais frequentemente se utiliza nos Estados Unidos é a da Society of American Foresters que surgiu no início de 1970 e que define floresta urbana como “*The art, science, and technology of managing trees and forest resources in and around urban community ecosystems for the physiological, sociological, economic, and aesthetic benefits tree provide society*” (Konijnendijk *et. al.*, 2006. 2).

Nos Países europeus, a evolução da definição no que diz respeito à árvore em espaço urbano tem sido mais lenta. Havendo referências à florestação e à implementação de espaços verdes urbanos e periurbanos em planos e normativa, designações como arborização urbana ou floresta urbana raramente são usadas explicitamente (Konijnendijk *et. al.*, 2006).

Na Europa, floresta urbana e arborização urbana nem sempre abrangem as mesmas situações de árvores plantadas nos vários países como se pode ver no Quadro 2.1. De entre as dificuldades que se tem vindo a encontrar para se chegar a uma definição consensual tem-se encontrado divergências quanto à delimitação espacial; abrangência de situações; diversidade de intervenientes e áreas de atuação sobre as árvores.

No que diz respeito à delimitação espacial, dado o espaço urbano atualmente apresentar grande extensão territorial e fragmentação, Konijnendijk *et al.* (2006) consideram que, talvez, abordagens e designações abrangentes como estrutura verde (*green structure*) ou infraestrutura verde (*green infrastructure*) podem ser consideradas porque capazes de demonstrar perspectivas funcionais e compreensíveis nos territórios onde se encontram as árvores e, conseguem estabelecer relações no mesmo nível que outros serviços e infraestruturas urbanas.

Outra questão relaciona-se com a necessidade de se encontrarem designações que possam englobar quer árvores que se encontrem isoladas quer agrupadas. Árvores isoladas ou pequenos grupos são formal e funcionalmente distintas das florestas. As árvores isoladas ou em pequenos grupos estão presentes no espaço urbano consolidado ou fragmentado e são cultivadas, geridas e mantidas para ocupar o espaço na sua forma natural e estética plena, sendo afetadas e afetando os ambientes em que se encontram (Magalhães, 2006).

Quando entendido desta forma, floresta urbana e arborização urbana apresentam designações semelhantes mas distinguem-se das florestas.

Por fim, tem-se a diversidade de intervenientes e áreas de atuação sobre as árvores em espaço urbano. Muitas são as profissões que se encontram associadas ao planeamento, projeto, gestão e manutenção das árvores, podendo-se dar como exemplos arquitetos paisagistas, engenheiros florestais, silvicultores, agrónomos e arboricultores. O modo de “olhar”, plantar e gerir a árvore no espaço urbano enquanto elemento individual é diferente do modo de plantar e gerir a árvore na floresta o que levou, em muitos países a que se desenvolvessem áreas especializadas de gestão para as árvores de rua e para a restante floresta urbana como sejam os parques, jardins, bosques e espaços de conservação de ecossistemas naturais (Miller, 1997). Nestas situações para o seu tratamento e administração justifica-se a diferença de definições entre arborização urbana e floresta urbana.

Para Magalhães (2006), a própria língua portuguesa induz alguma especificação. O verbo arborizar sempre foi utilizado quando associado à ação de plantar e manter árvores individuais ou pequenos grupos (bosque, jardim, parque), enquanto florestar é usado para plantar árvores na floresta encontrando-se ligado à gestão dos ecossistemas florestais.

Apesar das diferentes designações que são aplicadas nos vários países verificam-se pontos comuns que apontam para uma possível harmonização internacional das definições de floresta urbana e arborização urbana, pois quer uns quer outros incorporam elementos ecológicos, económicos e sociológicos sendo inclusivos do espaço urbano consolidado ou fragmentado e rural (Konijnendijk *et al.*, 2006).

No contexto desta dissertação, ponderando-se os argumentos apresentados pelos autores, e na falta de definição internacional consensual, e ainda considerando que definições como infraestrutura verde ou estrutura verde são excessivamente abrangentes não recaindo explicitamente sobre as árvores, adotou-se a definição de arborização urbana por incidir especificamente sobre a vegetação arbórea urbana individual, ou em grupo, nas ruas sob a forma de alinhamentos, e em praças, largos, jardins, parques, bosques e corredores verdes inserindo-se no espaço urbano consolidado ou fragmentando.

2.6.2 A arborização no espaço urbano

A introdução da árvore no espaço urbano ocorre há séculos, tendo tomado no contexto do desenho urbano preferencialmente quatro configurações: (1) jardins privados residenciais, (2) arborizações lineares, (3) praças e largos e (4) parques e jardins (Lawrence, 1995). No contexto deste trabalho, são os espaços públicos arborizados os que se consideram mais relevantes pelo que se irão abordar as arborizações lineares, praças, largos, parques e jardins.

Reconhece-se que as cidades medievais já dispunham de praças, largos e terreiros arborizados mas estes apresentavam-se reduzidos em número e dimensão dada a densidade de construção e exiguidade do espaço público, pelo que, só a partir do Renascimento, os espaços públicos vão adquirir maior relevância, primeiro em Itália, depois na restante Europa, principalmente no que diz respeito ao desenho, dimensão e plantação de praças e alamedas. No entanto, só no séc. XVIII a arborização passa a fazer parte do desenho do espaço urbano com o objetivo de aproximar a natureza do espaço urbano e de se obterem ambientes cenográficos (Llarent, 1982). Segundo Kühn (2003) as primeiras plantações planeadas em espaço público ocorreram nos limites dos burgos, junto às muralhas, pois eram os locais que se encontravam em contacto direto com o espaço rural oferecendo boas vistas, ambientes mais saudáveis e bons acessos, tornando-os áreas potenciais de recreio. Ainda de acordo com o mesmo autor são do séc. XVI as primeiras arborizações lineares em espaço público tendo ocorrido nas cidades holandesas ao longo dos canais, na Bélgica na cidade de Antuérpia e Itália na cidade de Luca em alinhamentos associados às muralhas, havendo também registos em França, na cidade de Paris, relativos a alinhamentos de árvores associados à muralha, passeios públicos e arruamentos. As árvores plantadas em alinhamento passaram a ser parte integrante do sistema de espaço público, constituindo-se como um novo elemento da paisagem urbana, estando-lhes associadas funções de recreio, embelezamento, enquadramento e amenidade climática. Em muitas cidades estes primeiros alinhamentos de árvores, alamedas, encontravam-se associados a elementos urbanos que anteriormente apenas desempenhavam funções utilitárias: muralhas, estradas, canais.

É a partir do séc. XVII que se passam a realizar plantações ao longo de caminhos beneficiando-se os percursos onde habitualmente se faziam passeios de carruagem, surgindo assim um novo tipo de recreio. As classes sociais mais privilegiadas, utilizando um sistema de transporte, passam a fruir da paisagem associando o passeio ao lazer e ao prazer. O passeio do cortejo da Rainha situado ao longo da margem direita do rio Sena é um dos exemplos mais antigos (1616) (Lawrence, 1995). O “Pall Mall” em London e o “Unter den Linden” em Berlim, também no séc. XVII, passaram a ser avenidas que muito devido à sua arborização se tornaram espaços importantes de passeio público nas cidades.

Durante os séculos XVII e XVIII, as alamedas que se destinavam ao passeio passam a ser plantadas com alinhamentos de árvores em fiadas paralelas (Figura 2.9), e os jardins e parques públicos começam a ganhar importância no espaço urbano como locais de passeio e recreio (Llarden, 1982).



Figura 2.8 Detalhe do Mapa de Turgot. Publicado em 1739. Plantação de alinhamentos de árvores na cidade de Paris
Fonte: http://plan.turgot.free.fr/plan_turgot/plan_turgot.php

Na Grã-Bretanha, no séc. XVIII, surge uma nova forma de espaço público, as praças centrais “*square*” e “*crescent*” que se encontram relacionadas com a expansão urbana para as periferias de novas áreas residenciais londrinas destinadas às classes médias emergentes (Almeida, 2006). Estes bairros residenciais periféricos resultam da procura de espaços com melhores condições para se viver (menor poluição, menor densidade

populacional e melhores condições sanitárias) e da oferta de melhores redes viárias e sistemas de transportes públicos. As praças centrais públicas (*square e crescent*) situadas nos bairros residenciais conjugavam-se com os pequenos jardins privados das habitações (Figura 2.9). Tendo sido inicialmente desenhadas com base nos modelos das praças francesas e Italianas no séc. XVIII, transformaram-se em formas distintas de paisagem urbana, passando a incluir jardins plantados com árvores e arbustos sobre relvados (Lawrence, 1995). As praças residenciais britânicas vão-se caracterizar por terem grande quantidade de vegetação e vão influenciar o desenho das praças Europeias, nomeadamente as praças que são introduzidas nos projetos de renovação de Paris das décadas de 50 e 60 de mil e oitocentos, que ao estarem inseridas no espaço público e ao longo de grandes eixos urbanos, passam a fazer parte do sistema público de recreio associado à arborização da cidade (Almeida, 2006).



Figura 2.9 “Square Garden”, Regent Square, Doncaster. Construído em meados do século XIX
Fonte: Imagem Google Earth de 2008

No séc. XIX, a arborização dos grandes eixos rodoviários urbanos atinge a sua expressão máxima com a implantação dos *boulevards* de Haussman que compatibilizavam o aumento do tráfego, implantação de infraestruturas, equipamentos, espaços livres e o novo método de pavimentação, o macadame (Lamas, 1993). As árvores eram colocadas nos passeios tendo por principal objetivo ensombrar, melhorando as condições ambientais, e embelezar o espaço público.

O desenho urbano definido por Haussman para Paris vai influenciar toda a Europa passando a verificar-se maior presença da arborização nos espaços públicos, que passa a estar em praças, alamedas, largos e jardins. A vegetação passa a ter acrescido interesse nos modelos urbanísticos que surgem no final do séc. XIX e início do XX (Almeida, 2006).

Nos Estados Unidos a plantação de árvores em alinhamento nos arruamentos fez-se no início da época colonial tendo-se por principais objetivos o ensombramento das casas e escritórios e o embelezamento das ruas. As primeiras ruas arborizadas foram a Broadway em Nova Iorque e a Market Street em Filadélfia. As plantações que se faziam não apresentavam a formalidade e a regularidade das alamedas europeias, “*de facto, as árvores de arruamento na América Colonial apresentavam um espaçamento irregular e a utilização de diversas espécies*” (Almeida, 2006: 146).

Em Boston, a Commonwealth Avenue Mall, também merece referência por ser considerada o primeiro corredor verde urbano construído nos EUA (1861-1880). Desenhada como *boulevard*, o espaço público central era fechado e ladeado de árvores servindo de passeio público e permitia a ligação com o "Emerald Necklace park system" criando continuidade entre espaços verdes de diferentes tipologias (Figura 2.10).

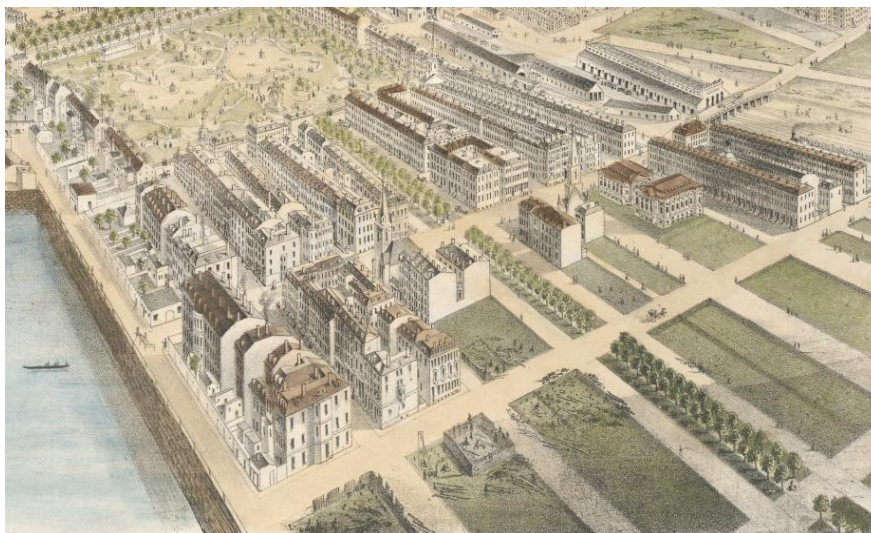


Figura 2.10 Commonwealth Avenue Mall. 1870
Fonte: F. Fuchs - Boston Public Library. BackBay July4 map. http://maps.bpl.org/details_10045

As praças que se constroem no séc. XIX na América do Norte vão revelar influências das praças inglesas e francesas, havendo as que apresentam características mais intimistas e as de exposição mais pública (Lawrence, 1995).

Os parques urbanos associados às cidades surgem no séc. XIX sentindo-se a influência dos estilos naturalistas na sua construção ou remodelação, pela forma dada ao terreno, utilização da água e composições realizadas com a vegetação, na tentativa de imitar a natureza, tendência estética que na época era bastante apreciada na Europa e nos Estados Unidos. Dos parques construídos no séc. XIX evidenciam-se, em Londres, o *Victoria Park* (1845) e o *Regent's Park* (1835), em Liverpool, o *Birkenhead Park* (1847), em

Paris, o *Parc Monceau* (1773-1778), o *Bois de Boulogne* (1852-1858), o *Bois de Vincennes* (1860-1865) e o *Parc des Buttes-Chaumont* (1867), em Bruxelas, o *Bois de la Cambre* (1861), em Barcelona, o *Parc de la Ciutadella* (1872) e, em Nova Iorque, o *Central Park* (1857) (Falcón, 2007).

A arborização, sob diferentes configurações, aparece nos modelos urbanísticos de final do séc. XIX e início do séc. XX como elemento fundamental do desenho urbano, enquanto *greenbelts* servindo para separar o espaço urbano do rural no modelo urbanístico da cidade jardim desenvolvido por Ebenezer Howard (1898) e com corredores arborizados no modelo da cidade linear de Arturo Soria y Mata (1882). Em ambos os modelos, a arborização aparece associada aos arruamentos fazendo-se a sua compatibilização com o transporte coletivo e circulação rodoviária (Lamas, 1993).

Na cidade moderna prevalece a racionalização da rede viária associada à distribuição dos equipamentos. Novos bairros surgem associados à expansão da cidade inseridos em manchas de verde. O espaço público ganha uma notoriedade própria em que os espaços verdes desempenham um papel estruturante e os urbanistas exploram os critérios de área de espaço verde, espaço verde *per capita* e acessibilidade em função da distância percorrida a pé. A arborização do espaço público é um elemento de forte expressão. As árvores de melhor desempenho face à agressividade do meio urbano passam a ser mobilizadas de forma intensa. As zonas verdes sendo extensas em área e número, e com plantações contínuas de maciços de árvores e arbustos, acabam por não ser apropriáveis nem utilizadas pelos habitantes, pela falta de identificação de funções, usos e segurança.

A importância do desenho e do carácter do espaço voltam a ser valorizados nos modelos urbanísticos do pós-modernismo onde se redescobrem os valores visuais e históricos presentes na cidade, fazendo-se a revalorização da cidade tradicional e do desenho urbano, tal como a recuperação das relações morfológicas da cidade tradicional. O espaço público é valorizado na sua forma e funções tradicionais: rua, praça, avenida, alameda (Madureira, 2000).

No final do séc. XX, acrescem aos valores simbólicos e históricos reintroduzidos pelo pós-modernismo, as preocupações ambientais que passaram a ter um âmbito alargado, refletindo-se em movimentos associados à ecologia. Reconhece-se a importância da forma e da função dada à arborização no desenho urbano e benefícios ambientais dos espaços verdes no espaço urbano (Magalhães, 2001) passando, inclusive, a arborização a ser

integrada nos elementos construídos, nomeadamente em floreiras, terraços, coberturas ajardinadas (Figura 2.11), paredes verdes e jardins interiores.



Figura 2.11 Edifícios residenciais em Waldspirale, Darmstadt, Alemanha, construídos na década de 1990 e desenhados por Fritz Hundertwasserstadt. Coberturas arborizadas e com áreas de estadia
Fonte: <http://www.epdip.com/edificio6.php?id=4985> (El Poder de la Palabra). Imagem de Diana Presas © 1998-2013

Atualmente reconhece-se a necessidade da sustentabilidade do espaço integrando-se nas propostas de desenho urbano princípios ecológicos, desenvolvimento económico e expectativas e desenvolvimento social, obrigando à realização de planos e projetos mais participados e de soluções equilibradas para o uso do solo.

Chegados ao séc. XXI a vegetação arbórea urbana é considerada indispensável no espaço público desempenhando várias e fundamentais funções, em diversidade de configurações que asseguram o *continuum naturale* e o equilíbrio dos sistemas ecológicos, (Magalhães, 2001), preservação dos valores culturais/patrimoniais e o recreio (Fabos 1995; Lawrence, 1995).

A variedade de formas, funções, tipologias e particularidades com que se apresenta atualmente a arborização urbana constitui um elemento valorizador dos espaços urbanos *per si*. Dando-se como exemplo a cidade de Nova Iorque as praças antigas e recentes, ruas arborizadas, jardins de cobertura, bairros residenciais arborizados, parques históricos (*Central Park*) e recentes (*Fresh Kills Landfill*), espaços de memoriais (*National September 11 Memorial*), recuperação de linhas ferroviárias desativadas (*High Line*) (Figura 2.12) e frentes marítimas (*Gantry Plaza State Park*) estabelecem no seu conjunto arborização

urbana constituinte da estrutura ecológica que se tornam referenciais e valorizadores da própria cidade. Espaços públicos de qualidade devidamente integrados com os demais serviços, dos quais se destacam os transportes públicos, tornam as cidades mais atrativas e competitivas.



Figura 2.12 High Line em Nova Iorque (2010). Arborização sobre antiga linha ferroviária; percursos pedonais e zonas de estadia
Fonte: Autor

A arborização urbana deverá ter o importante papel de integrar o espaço urbano na sua paisagem envolvente mais naturalizada, os elementos urbanos do passado com os elementos atuais, numa linguagem estética de interligação do elemento natural com o ambiente “artificial” inserindo-se em corredores verdes, sendo definidora de desenho urbano e desempenhando funções ecológicas e sociais. A arborização urbana terá de ser representativa da expressão das relações de poder e das sensibilidades sociais.

2.6.3 A arborização no Porto, Matosinhos, Maia e Gondomar

Sofrendo o território da AMP transformações de usos e de configurações ao longo do tempo também a estrutura ecológica foi adquirindo diferentes formas e tipologias passando de sistemas contínuos e amplas zonas rurais para estruturas semi-contínuas que foram adquirindo funções de recreio ou de conservação e proteção podendo, por vezes as funções coexistir.

A arborização do espaço público urbano e a sua relação com o espaço urbano nos concelhos do Porto, Matosinhos, Maia e Gondomar encontra-se diretamente relacionada com essas transformações. Não sendo o Porto um dos municípios em estudo, considera-se que neste subcapítulo se torna obrigatório integrar este município pois ao se realizarem abordagens sobre a transformação do espaço urbano e da arborização constata-se que foi grande a influência e a interligação que teve com os outros municípios que com ele fazem fronteira.

2.6.3.1 A arborização até ao séc. XIX no Porto

Sob a proteção da muralha fernandina vivia a população burguesa do Porto. Para além da muralha e seus arrabaldes ficavam os campos da Maia, Bouças, Gondomar, Melres e Refojos e pequenos núcleos piscatórios. No interior das muralhas, identificavam-se elementos da ruralidade. Ilídio de Araújo refere que *“Obviamente, numa cidade muralhada, como era o Porto, todo o espaço tinha de ser usado com muita parcimónia, e os quintais limitavam-se a pequenos rectângulos de terra situados à rectaguarda de cada prédio, no miolo dos quarteirões urbanos”* (Araújo, 1979: 7).

Sendo o Porto uma cidade muralhada, os campos e terreiros situados junto das portas eram os locais preferenciais para a realização de feiras e mercados, por serem os pontos de chegada e de partida do burgo. Estes espaços de confluência de pessoas e mercadorias vão-se transformando em espaços de uso público, que até finais do séc. XVI, e conjuntamente com praças, ruas e edifícios religiosos vão-se tornar nos locais de preferência para o recreio e lazer (Andresen e Marques, 2001). As primeiras intervenções de “embelezamento” realizadas em espaços públicos do Porto datam do séc. XVII, durante o período Filipino, em campos e terreiros situados junto das portas da muralha Fernandina, nomeadamente na porta do Olival onde se fez a construção da alameda do Olival e na porta dos Carros onde se construiu a Praça das Hortas, seguindo-se os modelos urbanísticos da época (Ramos, 2000). A alameda do Olival ou da Graça (1611) foi *“(...) pavimentada a seixos, tendo largos passeios lajeados, dezasseis bancos de pedra lavrada ensombrados por negrilhos e, do lado poente e a meio, uma rampa e uma escada que davam acesso à Cordoaria”* (Andresen e Marques, 2001: 111). Esta alameda foi a primeira a ser arborizada o que se deve à sua importância como eixo de circulação e espaço de lazer.

Ainda durante o período Filipino (1580-1640) sofreram ações de “embelezamento” outras alamedas e campos, nomeadamente a alameda das Hortas e chafariz de Nossa Senhora da Batalha com a plantação de árvores e a instalação de bancos e introdução de fontes para abastecimento de água, sendo espaços muito apreciados pela população, especialmente pelas classes sociais mais favorecidas (Martins, 1992; Ramos, 2000).

Foram também realizados projetos para outras praças que não chegaram a ser construídos, destacando-se os projetos para a praça na zona da Ponte Nova que obrigava à canalização do rio da Vila e do campo das Hortas situado entre as portas do Olival e a dos Carros (Ramos, 2000). A muralha que no séc. XVII definia os limites da cidade passa a ter nas suas portas os locais preferenciais para a instalação dos primeiros espaços públicos e ligação aos principais eixos viários para o exterior, numa expansão radial, ao longo dos quais se realiza edificação, aspetos que se começam a verificar no final de seiscentos (Marques *et al.*, 1990).

Os eixos mais importantes de saída/entrada no Porto ocorriam em S. Lázaro na ligação com a estrada para Penafiel e Guimarães tendo o campo de S. Lázaro como espaço público; Cordoaria/Ferradores (atualmente Praça Carlos Alberto) no sentido de Lapa/S. Ovídeo (atualmente Praça da República) na ligação com as estradas para Braga tendo o campo dos Ferradores, Santo Ovídeo e a alameda da Lapa como espaços públicos; Massarelos/Foz na ligação com as estradas para Matosinhos e Leça da Palmeira tendo a alameda de Massarelos como espaço público (Marques *et al.*, 1990). Estes campos, terreiros e alamedas situados ao longo dos eixos de entrada/saída do burgo permitiam a realização de feiras, mercados e passeios públicos.

No decorrer do séc. XVIII, o burgo do Porto cresce e expande-se para fora das muralhas ao longo dos eixos de ligação ao exterior, entretanto renovados e melhorados, o que em muito se deveu à ação de João de Almada e Melo e, posteriormente, ao seu filho Francisco de Almada e Mendonça através da Junta de Obras Públicas fundada em 1763 (Ferrão, 1989). A Junta de Obras Públicas entre as décadas de 60 e 80 define quatro grandes eixos para a expansão da cidade: rua do Almada, rua Sta. Catarina, rua Direita de Sto. Ildefonso e rua de Cedofeita resultando este conjunto de obras numa estrutura de circulação semi-radioconcêntrica que abriu a cidade em várias direções melhorando e facilitando as ligações entre o antigo centro da cidade e os novos bairros, tal como permitiu a construção de novas áreas residenciais. Estas propostas introduziam uma abordagem racional no desenho da cidade (Ramos, 2000; Tavares, 2004).

Para passar os momentos de lazer no espaço exterior, os portuenses do séc. XVIII procuravam os espaços periféricos associados aos eixos de circulação por aí se encontrarem as alamedas, campos e terreiros, entretanto “embelezados” por intervenção da Junta de Obras Públicas (1763-1804) com árvores, bancos, fontes e pavimentos. De acordo com Ramos (2000: 267) “(...) a documentação permite-nos pensar que a Praça da Ribeira e os rossios de S. Domingos e de S. Bento das Freiras eram sítios que os portuenses de Seiscentos procuravam para comerciar e conviver. No século XVIII, a preferência dirigia-se para fora de muros, favorecendo a Praça das Hortas ou em alternativa os campos dos Ferradores, de Santo Ovídeo ou de São Lázaro”.

O campo do Olival, cuja aquisição dos terrenos à Igreja do Porto pelo Concelho da Cidade decorreu em 1331, passou a campo da Cordoaria no séc. XVIII quando para aí se transferiram os cordoeiros de Miragaia, tendo sido entretanto arborizado “(...) por três filas de elevados e grossos álamos plantados em Fevereiro de 1758 em forma de uma grande praça vazia, a qual deixaria livre para o passeio público um largo e formoso terreiro se nele não trabalhasse a grande e importante fabrica de cordas e calabres” (Andresen e Marques, 2001: 130). O campo da Cordoaria confinava com a alameda do Olival construída no séc. XVII.

São também do séc. XVIII as alamedas, que se constituíram como espaços públicos urbanos situados na periferia da cidade. Funcionavam como “*varandas arborizadas sobre o rio*”, destacando-se as das Virtudes e Fontainhas e, mais tarde a de Massarelos, que aparece cartografada na Planta de Frederico Perry Vidal de 1844 como já estando arborizada em alinhamentos geométricos. Outras alamedas foram criadas sobre adros, sendo o caso do “*Adro da Igreja do Bonfim, dada a sua situação e configuração, foi também uma alameda, destinada ao passeio público*”, tal como o largo imediato ao portão principal da Quinta do Prado do Prado do Repouso (Andresen e Marques, 2001: 111).

Estas alamedas são ainda hoje espaços públicos da cidade do Porto mantendo-se as funções de passeio público arborizado com belas vistas para o rio Douro.

Em síntese, pode dizer-se que, até ao séc. XVIII, os principais espaços públicos arborizados construídos na cidade consistiam em campos, terreiros e alamedas, havendo os que se inseriam ao longo dos principais eixos de circulação entre a cidade e a periferia acompanhando a expansão urbana (Olival, Lapa, Aguardente, Bonfim) e os que funcionavam como varandas sobre o rio Douro (Virtudes, Fontainhas, Massarelos, Prado do Repouso).

No séc. XVIII, o espaço que se situava para além da muralha tinha uma ocupação rural, tal como os concelhos limítrofes de Matosinhos, Maia e Gondomar, sendo a paisagem caracterizada por campos de cultivo, bouças, aldeias e vilas. A arborização mais distintiva podia ser encontrada nas matas e jardins das quintas mas que pertenciam e eram usufruídos apenas pelas classes sociais mais privilegiadas da sociedade civil ou clero, e nos adros e terreiros de igrejas e capelas tendo estes espaços utilização pública em visitas dominicais, festas e romarias (Araújo, 1962). Indicam-se como exemplos dos principais locais religiosos destes municípios a Igreja do Bom Jesus de Matosinhos, Capelas da Quinta de Sta. Cruz do Bispo no Monte de S. Brás em Matosinhos e o Convento de Moreira na Maia.

Até ao final do séc. XVIII, as deslocações na cidade do Porto e entre o Porto e as periferias não eram fáceis nem cómodas, utilizando-se veículos transportados por homens (as cadeirinhas) e veículos transportados por animais (liteiras e carroças). Nas deslocações para povoações afastadas e deslocando-se por caminhos vicinais e estradas (Foz, Matosinhos, Leça da Palmeira, Devesas) utilizavam-se carruagens e carroças. Em setecentos não se podia dizer que existisse um sistema de transportes coletivos mas, apenas, um conjunto de transportes com carácter ocasional, irregular e com reduzida lotação (Pacheco, 1992^a).

2.6.3.2 A arborização no séc. XIX no Porto

O séc. XIX foi um período de profundas perturbações sociais, políticas e económicas no Porto devido às invasões francesas (1808-1809), à revolução liberal (1832-1834), à extinção das ordens religiosas (1834), à crise comercial e aos problemas com pestes, tendo-se como consequência uma primeira metade do século com estagnação demográfica no concelho do Porto e poucas intervenções urbanísticas (Ramos, 2000).

Na segunda metade do século, o Porto adquiriu outra dinâmica dado os efeitos da industrialização, aumento do comércio, nomeadamente do vinho do Porto e uma maior migração de populações rurais para a cidade, tal como se começaram a ter reflexos da revolução liberal o que permitiu a afirmação da burguesia mercantil e a reconversão das estruturas religiosas. O núcleo central intramuralhas manteve a densidade de construção,

mas no exterior das muralhas, ao longo dos principais eixos que ligavam a cidade antiga ao exterior mantinha-se a consolidação da estrutura urbana que se tinha vindo a desenvolver desde o séc. XVIII e que é possível de observar na planta de George Balck de 1813 (Ramos, 2000). A indústria na segunda metade do séc. XIX, instalou-se no Bonfim, Massarelos, Cedofeita, Lordelo do Ouro e Ramalde sendo freguesias atrativas das populações rurais migratórias que chegavam ao Porto, levando ao adensamento da malha urbana e à expansão da cidade para estas periferias (Marques *et al.*, 1990).

O século XIX no Porto em matéria de jardins públicos legou um património vasto – atendendo à dimensão e população da cidade – que ainda hoje está na base da estrutura ecológica da cidade (Figura 2.13).

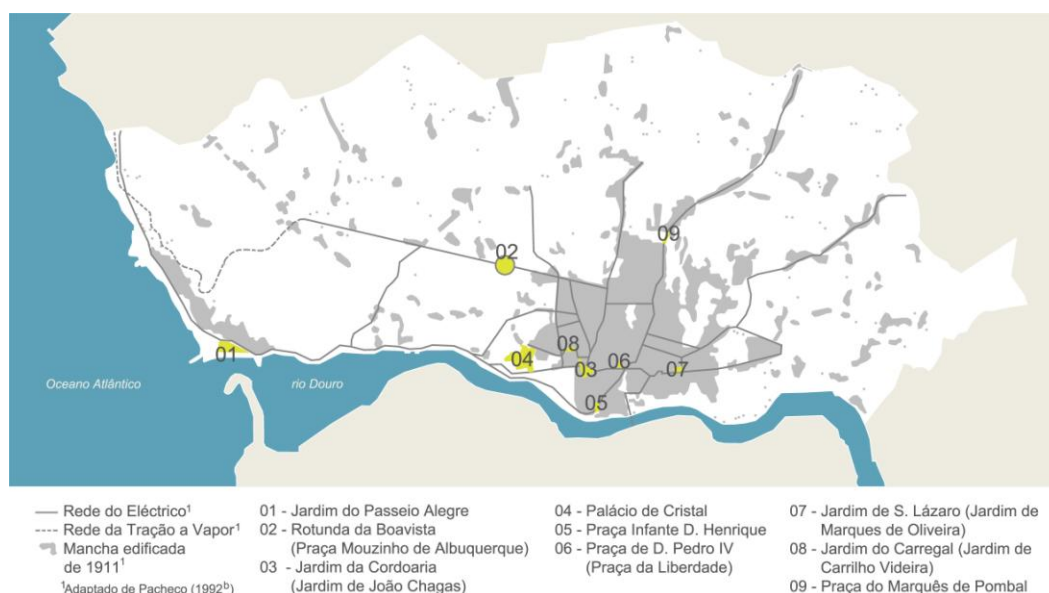


Figura 2.13 Espaços arborizados e transportes públicos da Cidade do Porto no início séc. XX sobre mancha edificada de 1911

As intervenções de abertura de arruamentos que se realizaram neste século visavam a construção de edifícios representativos do poder da sociedade civil, reconversão de edifícios religiosos em edifícios com funções civis e requalificação ou implementação de espaços públicos, o que implicou, em muitas situações, a arborização e a introdução do transporte público. Muitos dos atuais espaços públicos arborizados da cidade do Porto resultaram destas intervenções oitocentistas, sendo exemplo a Praça Infante D. Henrique, onde as Cercas dos conventos de S. Francisco e S. Domingos foram sujeitas a processos de urbanização que permitiram a abertura das ruas Nova da Alfândega e Mouzinho da Silveira e a construção dos edifícios da Bolsa (1842 início da obra) e Mercado Ferreira Borges (1885) que delimitaram a praça. A presença de edifícios comerciais e financeiros e a ligação com a baixa da cidade transformou esta praça no centro económico/financeiro do

Porto, o que justificou o seu embelezamento com canteiros e espécies exóticas, provavelmente em 1888 por Jerónimo Monteiro da Costa (Figura 2.14). Posteriormente, em 1894 foi colocada a primeira pedra do monumento comemorativo do centenário do nascimento do Infante D. Henrique o que levou à destruição dos canteiros. O monumento ficou concluído e foi inaugurado em 1900 tendo o jardim sido reformulado por essa ocasião por Jerónimo Monteiro da Costa que trabalhou na Câmara Municipal do Porto como jardineiro paisagista entre 1889 e 1910 (Marques, 2009).



Figura 2.14 Postal ilustrado da praça Infante D. Henrique. 1888 – 1894. Jardim de Jeronimo Monteiro da Costa sem a estátua do Infante D. Henrique e com “americano” puxado por 6 mulas
Fonte: AHMP

Se a Praça Infante D. Henrique era o centro económico/financeiro, a Praça de D. Pedro IV, assim designada a partir de 1833, representava o centro cívico, encontrando-se aí instalada a Câmara Municipal desde 1819. Esta praça, antes designada de Praça Nova (com uma configuração sensivelmente correspondente à atual Praça da Liberdade), teve em 1710 um primeiro projeto que apontava para a sua construção fora das muralhas, tendo em 1721 sido cedidos terrenos para o efeito. Na carta de 1813 de George Balck, a praça já se encontrava cartografada. Já como Praça de D. Pedro foi arborizada em 1838 (Ramos, 2000) e em 1866 foi inaugurada a estátua equestre de D. Pedro IV. Pouco tempo depois, em 1893, foram realizados trabalhos de redefinição de alinhamentos, alteração de cotas de

pavimentos, placa central, e arborização com acácias, amoreiras e magnólias tendo a placa central pavimento de calcário e basalto² (Figura 2.15) (Gravato, 2004).



Figura 2.15 Postal ilustrado da praça de D. Pedro. Arborização da praça e carris do transporte público. 1900
Fonte: AHMP.

Num eixo de expansão da cidade e associado à estrada para Guimarães, encontravam-se campos de feiras e mercados, o da Aguardente e de Santo Ovídeo, que no final do séc. XIX, foram sujeitos a requalificação tendo sido transformados em jardins públicos vocacionados para o recreio da população. O campo da Aguardente, assim designado por aí se realizar o mercado da Aguardente, foi transformado numa praça arborizada em 1898 de acordo com desenho de Jerónimo Monteiro da Costa, sendo designada por Praça de Marquês de Pombal desde 1882 (Andresen e Marques, 2001; Marques, 2009). Espaço de traçado simples apresenta alamedas de plátanos que no seu conjunto constituem grande mancha arborizada.

² A primeira calçada de calcário e basalto construída em espaço público urbano foi executada na parada do Batalhão de Caçadores 5 em Lisboa (1842) seguindo-se a pavimentação da Placa Central do Rossio (1848-1849) também em Lisboa. Várias foram as pavimentações que se seguiram em Lisboa e pelo país, pois que sobre este tipo de calçada dizia-se ser "próprio do espírito moderno e progressista do séc. XIX, aliado aos valores práticos da burguesia, os modelos estéticos mais eruditos, símbolos de uma civilização etnocentrista, funcionando estes como sinais de promoção social do poder da finança, e de afirmação de princípios morais, culturais e políticos, ainda difusos" (Cabrera, e Nunes, 1998).

Foi ainda arborizada no final do séc. XIX a praça dos Ferradores, atual praça de Carlos Alberto. Sabe-se que já se encontrava arborizada em 1892 mas que em 1899 sofreu remodelação segundo desenho de Jerónimo Monteiro da Costa (Marques, 2009).

O campo de St. Ovídeo, assim designado por aí se situar a capela de Santo Ovídeo, depois campo da Regeneração e, por fim, praça da República, situa-se num dos pontos fundamentais de entrada/saída da cidade. A construção do quartel do Regimento de Infantaria nº 18 data de 1793 e a presença do quartel levou a que a praça durante muito tempo servisse essencialmente para a realização de serviços militares tendo apenas arborização lateral que aparece indicada na cartografia de Frederico Perry Vidal de 1896. Só em 1909/1913 o campo foi ajardinado de acordo com projeto de Jerónimo Monteiro da Costa (Andresen e Marques, 2001; Marques, 2009). De traçado formal e simétrico vai apresentar arborização expressiva em toda a bordadura e exemplares individuais de palmeiras no seu interior (Marques, 2009).

Neste final do séc. XIX verificam-se preocupações com a requalificação urbana levando à introdução de praças arborizadas na cidade, mas também vão surgir jardins públicos. Os primeiros jardins públicos construídos no Porto resultaram da transformação de espaços que já eram utilizados como campos e terreiros de feiras e mercados e que geralmente se encontravam situados ao longo dos principais eixos de entrada e saída da cidade (estrada para Braga, Guimarães, Póvoa de Varzim e Vila Real) (Andresen e Marques 2001).

É na saída para Campanhã, num dos limites do burgo e sobre um antigo campo arborizado desde 1757, que se instalou o primeiro jardim público do Porto. No campo de S. Lázaro, durante o Cerco do Porto decidiu-se (1833), passar a biblioteca para o antigo Convento de Santo António (Martins, 1992; Meireles, 1992), considerando-se ser necessário fazer o melhoramento do campo que se lhe encontrava adjacente. O Jardim de S. Lázaro, tendo por autor João José Gomes, foi inaugurado em 1834 tendo só ficado terminado em 1841 sendo um espaço de pequenas dimensões com canteiros e alamedas num desenho formal fechado por gradeamentos e portões. Posteriormente, Emílio David (1869), jardineiro paisagista alemão que veio trabalhar para o Porto em 1869 introduz remodelações no jardim mas mantém o carácter formal e as belas alamedas (Marques e Andresen, 2001).

Outro espaço público importante para a cidade do Porto desde a idade média era o campo do Olival designado de campo da Cordoaria desde o séc. XVIII como já se referiu. No local decorriam feiras diárias sendo um espaço público muito utilizado. Na carta de George Balck de 1813, o campo da Cordoaria aparece cartografado com arborização organizada em composição geométrica manifestando especial atenção no modo como se realizavam as plantações das árvores. Só em 1860-1870 é que se constrói o jardim, por proposta de Vilar d' Állen, na época vereador dos jardins na Câmara Municipal do Porto, segundo o projeto de Emílio David o que implicou grande acréscimo na arborização existente no local. O Jardim da Cordoaria no final do séc. XIX passou a apresentar grande diversidade e quantidade de espécies. Seguiu-se um período de abandono e um processo recuperação em 1886 tendo-se sido realizadas novas plantações (Andresen e Marques, 2001).

A rotunda da Boavista, designada de praça de Mouzinho de Albuquerque desde 1903, sendo um local de articulação entre diferentes zonas da cidade e de ligação com a linha ferroviária da Póvoa de Varzim-Famalicão (1873) torna-se num espaço público relevante, aspeto que é reforçado quando para aqui é transferida a feira de São Miguel (1876) e implantada a praça de touros (Andresen e Marques, 2001). Na carta de Telles Ferreira de 1892, a arborização aparece cartografada na rotunda e ao longo da avenida da Boavista.

A praça foi ajardinada nos primeiros anos do séc. XX, fazendo-se nessa mesma altura a alteração da circulação do trânsito rodoviário que passou a circular na sua periferia sendo apenas permitido ao “americano” atravessar a faixa central. De traçado marcado pela forma do espaço é a arborização que apresenta que o torna notável destacando-se as palmeiras, liquidâmbares, tílias, plátanos, carvalhos, áceres e tulipeiros da virgínia. Sendo pouca a área verde é a grande a diversidade e a expressão que a sua mancha arbórea apresenta (Andresen e Marques, 2001; Marques, 2009).

Sobre outro campo, o campo da Torre da Marca, local onde se realizavam Exposições Agrícolas (1ª do país em 1857 e a 2ª em 1859), foi construído um dos maiores espaços arborizados do Porto do séc. XIX, designado de Palácio de Cristal, cuja construção foi promovida pela Sociedade do Palácio de Cristal Portuense. O projeto do edifício ficou a cargo de Thomas Dillens Jones e o dos jardins de Emílio David tendo ficado concluído em 1865 para albergar a Exposição Internacional (Andresen e Marques, 2001). Tratava-se de um parque de recreio de grandes dimensões que oferecia um espaço verde à cidade desenhado e plantado de acordo com os modelos e tendência estéticas da época.

Foi ainda arborizado no final do séc. XIX o Jardim do Carregal, segundo traço de Jerónimo Monteiro da Costa (1888-1889) tendo antes sido designado por praça Duque de Beja (Marques, 2009).

No séc. XIX atuou-se sobre muitas das alamedas que foram construídas no século anterior, ora porque inseridas em jardins ou praças, ora porque substituídas por edificações, ou porque alteradas pelo redesenho do espaço urbano. A alameda de Massarelos por exemplo, situada junto do rio Douro e com bons acessos viu serem instaladas unidades industriais na sua envolvente (Sousa e Alves, 2001) mas manteve-se como alameda arborizada até hoje, tendo por nova designação alameda Basílio Teles.

Até à segunda metade do séc. XIX, a Foz era um aglomerado piscatório pequeno e afastado do Porto que se foi desenvolvendo progressivamente, função da valorização dada pelos portuenses que lhe atribuíam valor como área de lazer balnear. Nesse novo contexto, justificava-se o desenvolvimento de ações de requalificação urbana, tendo sido feita a encomenda de um projeto em 1870 a Emílio David pela Comissão de Banhistas para a construção de um jardim sobre aterro realizado no séc. XIX (Marques, 2009). A construção do Jardim do Passeio Alegre sobre este aterro conquistado ao mar foi um processo moroso, que só finalizou em 1890, acabando por ser atribuída a autoria a Jerónimo Monteiro da Costa (Marques, 2009) tendo o espaço um traçado que inclui tipologia mista de bosque e alameda (Andresen e Marques, 2001).

Ao longo do séc. XIX construíram-se parques e jardins na cidade que introduziram áreas arborizadas, algumas de dimensão significativa como a Cordoaria, o Palácio de Cristal ou o Passeio Alegre, com coleções das plantas exóticas que são expostas em canteiros sendo trazidas dos continentes asiáticos, africano e americano (Andresen e Marques, 2001).

A cidade vai-se industrializando promovendo o aumento da imigração e a crescente procura de habitação, aspetos que se refletiram no crescimento urbano da cidade e das periferias ao longo dos principais eixos de acesso radiais segundo as ligações definidas no séc. XVIII que são mantidas ao longo do séc. XIX, aspeto que vai introduzir novas configurações espaciais no espaço urbano pelo aparecimento de áreas urbanas não contínuas ao longo “(...) *de estruturas de circulação arruada como elementos base de urbanização*” (Tavares, 2004: 6). No final do século, o rio Douro perdeu importância estratégica, muito devido à construção do porto de Leixões (1884), a indústria localizou-se em áreas específicas, verificou-se o aparecimento de bairros de cariz operário, ocorreu a disseminação de ilhas por toda a cidade e deu-se o desenvolvimento dos transportes públicos e construção das pontes sobre o Douro (Pacheco, 1992^a; Madureira, 2000).

Os transportes públicos e pontes introduziram uma noção mais alargada de escala urbana através do estabelecimento de relações do Porto com as periferias, considerando-se que no séc. XIX o Porto era *“(...) o único centro que orientava os movimentos de pessoas e bens nos concelhos limítrofes, por corresponder ao principal local onde se efectuavam as transacções comerciais e para onde convergiam as mais importantes vias de comunicação (o que terá promovido um tipo de ocupação espacial ao longo dessas vias)”* (Pacheco, 1992^a: 6). Face a esta dinâmica, ruas e estradas vão ser abertas e requalificadas oferecendo ligações entre diferentes áreas da cidade e com os municípios periféricos estando parte da arborização oitocentista associada aos arruamentos. Se até à primeira metade do séc. XIX as deslocações na região do Porto continuavam a ser feitas por veículos transportados por homens ou por animais sendo os caminhos difíceis e tortuosos, surgiram por volta de 1840 os carroções que eram veículos de transporte coletivos, que mais não eram do que carros puxados por bois com bancos laterais para 8 ou 10 pessoas e que eram utilizados para ir à Foz (zona balnear), às romarias e aos espetáculos do Teatro de S. João (Pacheco, 1992^a). No entanto, na segunda metade do século face à expansão urbana, industrialização, alterações no modo de vida das populações e crescimento demográfico, torna-se necessária a introdução de transportes públicos mais confortáveis, regulares e para um elevado número de pessoas.

Algumas das ruas abertas ou requalificadas neste período para responder à expansão urbana e implementação de transportes públicos vão-se revelar representativas dos traçados parisienses de Haussmann com árvores em alinhamento contínuo, boa luminosidade e belas vistas para rio e mar, relação com jardins, praças, largos, e circulação de veículos e transportes públicos. As ruas construídas no Porto que mais se destacaram por integrarem estes princípios foram: avenida da Boavista, marginal do Douro, rua de Carreiros (avenidas do Brasil e Montevideu) e rua de Gondarém.

A avenida da Boavista ao longo do seu eixo provocou transformações urbanísticas à medida que ia sendo construída e instalando o transporte público, inicialmente com o “americano” a circular na avenida até Fonte da Moura (1874) sendo a ligação à Foz (Cadouços) e Matosinhos assegurada a partir da Fonte da Moura pela máquina (máquina de tração a vapor - 1878). Posteriormente o americano foi substituído pelo elétrico e a linha a vapor Fonte da Moura/Foz com extensão a Matosinhos termina em 1914 passando a funcionar uma linha totalmente eletrificada ao longo da Avenida da Boavista (Sousa e Alves, 2001).

Para além do transporte público também foram instalados ao longo de toda a avenida e á medida que ia sendo construída passeios e, na separação para as faixas de circulação de veículos e transporte, um alinhamento de árvores (Figura 2.16). Até meados do século XX a avenida permaneceu como uma alameda com duas filas de plátanos (Sousa e Alves, 2001: 44). Na segunda metade do séc. XX começou-se a fazer-se o abate de árvores quando da realização de obras de alargamento de vias para trânsito automóvel passando a linha de elétrico para faixa própria. Dionísio (1964: 362-363) refere sobre esta avenida nos anos 60 do séc. XX como sendo a “(...) *mais bela artéria da zona mais moderna e luxuosa da cidade*” e ainda “*Até há poucos anos, a Avenida, logo a seguir à Rotunda, era uma autêntica alameda, coberta de sombras, com duas filas de velhos plátanos. A intensificação de trânsito determinou, porém a penosa destruição destas frondosas árvores, alterando inteiramente a perspectiva da grande artéria*”. Pelas descrições e imagens infere-se que as árvores plantadas junto aos passeios em alinhamento constituíram um extenso e continuo corredor arborizado desde o Hospital Militar até ao mar.



Figura 2.16 Avenida da Boavista e Hospital Militar. Vista de poente para nascente. Alinhamento de plátanos. Fotografia da Foto Guedes: 1920-1930?
Fonte: AHMP

Da avenida da Boavista, na zona da Fonte da Moura saía a linha da "Máquina" a vapor que fazia a ligação desde a Fonte da Moura à Foz (Cadouços) e Matosinhos via rua de Gondarém tendo sido construída em 1878 e com funcionamento sazonal, passando em 1884 a funcionar permanentemente (Sousa e Alves, 2001). A rua de Gondarém apresentava-se ampla, com piso em macadame, carris, arborização e passeios, acompanhando o desenvolvimento urbano que se verificava na Foz resultado do apreço pelo recreio balnear que se fazia sentir. A construção tipo "*Chalet*" que faceava as ruas aparece a partir da segunda metade do séc. XIX sendo que até esta data a Foz era uma pequena povoação piscatória (Ramos, 2000; Vasconcelos *et al.*, 2011). A arborização fazia-se no espaço pavimentado em macadame, junto ao passeio que se encontrava sobrelevado e impermeabilizado, numa localização que se mantém até hoje apesar de alterado o tipo de pavimento da via.

A requalificação da avenida Marginal do Douro em 1865 e da rua de Carreiros em 1869 integrou um conjunto de obras realizadas por ocasião da Exposição Internacional (1865) tendo-se considerado na época que eram arruamentos extraurbanos relevantes que permitiam fazer um dos mais belos passeios dos arredores do Porto (Sousa e Alves, 2001). Sendo assim, e por decreto de 1852, ficou a Câmara do Porto autorizada a construir a estrada marginal desde a porta Nobre (porta da muralha Fernandina em Miragaia) até ao Castelo do Queijo passando a funcionar o carroção (tipo de transporte público) em época balnear. A ligação entre a cota alta onde se situava a Cordoaria e a cota baixa, Massarelos, era assegurada pela rua da Restauração (Ramos, 2000).

O eixo de circulação porta Nobre-Foz-Matosinhos incorporava elevado valor cénico permitindo a fruição da paisagem sobre o rio Douro e oceano Atlântico. Esta estrada marginal teve início de construção/requalificação em 1854, mas dada a complexidade e a natureza do lugar só ficou totalmente construída em 1865 sendo que logo em 1871 se deu início a um novo período de obras a partir do Cais da Paixão, Massarelos e Castelo da Foz para a instalação do transporte sobre carris (americano). A linha de "americano" entre Miragaia (porta da Alfândega) e a Foz foi inaugurada em 1872 fazendo-se o seu prolongamento até Matosinhos e Leça da Palmeira no mesmo ano. Entre 1896 a 1898 fez-se a eletrificação total da Linha Marginal passando a ter mais conforto (Sousa e Alves, 2001).



Figura 2.17 Postal ilustrado mostrando arborização da marginal do Douro, carris para elétrico e circulação pedonal e rodoviária. 1910.

Fonte: AHMP

O percurso marginal encontrava-se arborizado havendo o cuidado de plantar árvores em alinhamento ao longo dos taludes que bordejavam a via (Figura 2.17) ou, quando possível, em zonas planas e com sobrelargura, em situação de passeio público como acontecia em Massarelos. “*Hoje todo o terreno se converteu num magnífico boulevard*” eram expressões utilizadas para descrever o percurso após as obras de construção (Sousa e Alves, 2001: 44).

A rua dos Carreiros sobre a costa Atlântica, de difícil e lenta circulação também sofreu melhoramentos no final do séc. XIX tendo ficado com largos passeios e arborização.

Dada a importância deste percurso da ligação entre o Porto e Matosinhos para o transporte de pessoas e mercadorias entre o Porto, Foz e Matosinhos (porto de Leixões), e também atendendo à perspetiva lúdica entendeu-se e justificou-se que a primeira linha de “americano” aqui fosse instalada (Sousa e Alves, 2001). Reformularam-se perfis, faixas para circulação de veículos e transporte público e passeios para peões.

A reorganização da estrutura urbana do Porto no séc. XIX esteve muito condicionada pela “revolução” das infraestruturas de circulação, transportes e indústria. Em 1864, o núcleo central da cidade concentrava 36% do total da população do concelho e apenas 16% residiam nas freguesias periféricas mas em 1900 a população do núcleo central reduziu-se para 22% do total da cidade, sendo ultrapassada pelos 29% que habitavam nas freguesias

periféricas começando a verificar-se a urbanização das periferias o que se deveu à indústria, implantação das linhas ferroviárias e transporte público (Pacheco, 1992^a; Madureira, 2000).

O Porto do séc. XIX desenhou ruas retílineas, unindo pontos distantes da cidade e entre a cidade e periferias representados por praças geométricas, geralmente arborizadas, como lugar de convergência de vias, desenho para o qual contribuiu um meio de transporte público sobre carris (elétrico) que não apresenta maleabilidade relativamente à topografia (Pacheco, 1992^a).

É portanto a partir do séc. XIX que se começam a verificar no Porto intervenções de requalificação do espaço público urbano que integram diversas funções e que vão para além do “embelezamento”, passando a integrar o lazer, passeio/circulação e convívio social (Andresen e Marques, 2001), funções higienistas, resposta a situações de congestionamento e insalubridade, melhoria de acessos, implantação de transporte público e arborização.

Este conjunto de jardins, praças, largos, alamedas, marginais e avenidas que foram construídos ao longo do séc. XIX apresentam-se como elementos isolados que não conseguem definir um sistema de espaços arborizados capazes de estabelecerem ligações entre si e continuidade.

Para fora da cidade de oitocentos ficam os arrabaldes: Avintes, Maia, Gondomar e Bouças que se mantêm como espaços rurais e dos quais a cidade do Porto depende pelo fornecimento dos produtos agrícolas (Ramos, 2000).

Por fim tem-se de referir as alterações que a população portuense sofreu passando a ser urbana e ligada à atividade industrial, decorrendo o seu quotidiano em espaços confinados, sem zonas verdes e pouco salubres, necessitando de espaços verdes públicos onde possa passar as suas horas de recreio e lazer. Para as classes sociais mais desfavorecidas que não têm casas com jardins nem capacidade de deslocação para ir “ao campo” ou a banhos na Foz, Matosinhos ou Leça, os espaços verdes públicos são essenciais.

2.6.3.3 A arborização no séc. XX no Porto

Ao longo do séc. XX quer a cidade quer as periferias do Porto tiveram um crescimento intenso, o que se deveu fundamentalmente ao desenvolvimento económico e à implantação de infraestruturas e equipamentos. Em alguns dos espaços urbanos verificou-se uma maior densificação e, noutros casos, ocorreu a descentralização e crescimento de outros aglomerados urbanos levando ao aparecimento de uma área metropolitana (Madureira, 2011).

Estas alterações na ocupação urbana refletiram-se de várias formas nos espaços verdes e na arborização. Os espaços verdes herdados do século anterior e que face ao crescimento urbano ficam situados no urbano consolidado vão-se manter, sofrendo por vezes alterações formais e programáticas. Assim aconteceu no Palácio de Cristal sujeito a uma grande número de remodelações ao longo do séc. XX. Alegando-se dificuldades em se assegurar a sua manutenção acabou por ser adquirido em 1933 pela Câmara Municipal do Porto, seguindo-se um período de obras de recuperação que incluíram o jardim e que terminaram em 1934 para receber a Exposição Colonial Portuguesa. Em 1951 nova intervenção incluiu a demolição do Palácio de Cristal, tendo-se iniciado no ano seguinte a construção do Palácio dos Desportos da autoria de José Carlos Loureiro, cuja inauguração em 1956 se fez com a exposição agrícola. Recentemente foi construída a Biblioteca Municipal Almeida Garrett, inaugurada em 2001, e o parque de estacionamento subterrâneo. O resultado desta sucessão de construções, atividades e ações de remodelação foi a perda de parte dos elementos iniciais do jardim (*chalet* e gruta) e património arbóreo, elementos que deveriam ter merecido maior atenção dada a importância que tinham na composição do traçado do jardim, e pelo seu valor simbólico e patrimonial.

Também o Jardim da Cordoaria, um dos principais espaços públicos da cidade foi alvo ao longo do século de várias intervenções que levaram ao empobrecimento da sua arborização. Na década de 40 o Jardim da Cordoaria sofre amputações a norte para permitir uma melhor circulação viária tal como perde um elevado número de árvores no ciclone de 1941 (Andresen e Marques, 2001). Inserido no programa de renovação urbana do Porto Capital Europeia da Cultura 2001 o jardim foi novamente alvo de remodelação em 2000, tendo sofrido profunda alteração dos seus traçados, perdendo-se o desenho do séc. XIX, e

parte da sua vegetação, mantendo-se apenas os elementos arbóreos mais relevantes encontrando-se atualmente o espaço bastante empobrecido.

Outro espaço alvo de remodelação por necessidades de circulação viária foi o campo da Regeneração arborizado e ajardinado em 1909. A primeira remodelação ocorreu logo em 1913 já como praça da República e a segunda em 1958 para “*alargamento das faixas de circulação*” (Andresen e Marques, 2001: 149) mantendo-se arborizada. A praça da República é um espaço de articulação entre diferentes zonas da cidade fazendo a ligação com a Boavista, Amial e Circunvalação, áreas que no início do século se encontravam em expansão urbana para a qual também contribuiu a relação causa/efeito da presença do transporte coletivo (1895-1904) em linhas que passando pela praça da República chegavam a Paranhos e que se estendiam até à Arca d'Água, Amial e São Mamede, sendo a linha do transporte prolongada até à Ponte da Pedra em 1912 (Sousa e Alves, 2001). O crescimento urbano que se fazia sentir ao longo do “corredor” de transporte nesta zona da cidade é demonstrando pelo dinamismo da instalação e prolongamento do transporte público e pela instalação dos espaços públicos arborizados destinados ao recreio que, para além da praça da República leva ao surgimento do Jardim da Arca de Água, atual praça 9 de Abril, que também se fez no início do séc. XX. É um dos espaços verdes da cidade do Porto onde ainda se encontram presentes os critérios estéticos da época em que foi construído, tendo sido originalmente um vasto terreiro de planta praticamente retangular. O desenho de grandes alamedas, bosques e a presença de água permitiu que “*As alamedas, plantadas com monumentais plátanos, são dos alinhamentos arbóreos mais notáveis dentro da cidade, a par com os liquidambares e choupos de Serralves, os plátanos da Cordoaria e do Marquês de Pombal, as palmeiras do Passeio Alegre, os metrosideros da Avenida Montevideu, os lodões da Rua D. João de Castro e os Carvalhos da Praça Sá Carneiro*” (Andresen e Marques, 2001: 143).

As freguesias de Campanhã e Bonfim também vão apresentar expansão urbana muito devido à presença da indústria e dos transportes públicos: elétrico e caminhos-de-ferro tendo o campo 24 de Agosto, situado no eixo de ligação entre o centro da cidade e Bonfim sido ajardinado e inaugurado em 1904 segundo um traçado orgânico e com diversidade de vegetação tendo por autor Jerónimo Monteiro da Costa (Marques, 2009).

No que diz respeito às praças da cidade é a praça da Liberdade, assim designada desde a proclamação da República em 1910, a que vai sofrer maiores alterações. Com a concentração dos transportes coletivos, necessidade de assegurar a mobilidade no centro da cidade e de se criar um espaço com elevado valor simbólico/referencial tornou-se necessário ampliar o espaço propondo-se a construção da avenida dos Aliados e da praça a

norte, atualmente designada de praça General Humberto Delgado. Com a construção destas praças concretizaram-se ideias e projetos que vinham a ser desenvolvidos desde o séc. XIX, nomeadamente o “Plano do Centro Cívico do Porto” elaborado por Barry Parker (1867-1947), arquiteto inglês que integrava o movimento de *Town Planning / Garden Cities*, plano que foi realizado entre 1915 e 1916, e aprovado em 1917. A construção da avenida decorreu ao longo das décadas de vinte e trinta mas a zona central só aparecerá concluída nos anos 50 (Tavares, 2013).

Em 1930 refez-se a rede instalada de transporte público na praça da Liberdade e em 1948 (1 de Abril) faz-se a introdução da primeira linha de autocarros que fará o percurso avenida dos Aliados – Carvalhido (Sousa e Alves, 2001).

A presença de canteiros ajardinados na avenida dos Aliados manteve-se desde a sua construção tendo também sido feita arborização em caldeiras nos passeios laterais. No século seguinte, em 2006 a avenida sofreu nova remodelação quando da instalação da Linha D do metro do Porto dada a necessidade de implementação do túnel, saídas e ventilações. Alguma da arborização foi possível manter, enquanto outra foi reintroduzida de acordo com o projeto do arquiteto Siza Vieira mas a praça ficou substancialmente impermeabilizada.

A expansão do espaço urbano no séc. XX consolidou o que se vinha a estabelecer no século anterior numa linha de orientação para a qual em muito contribuiu, na primeira metade do século a presença do elétrico, a partir dos anos 20 a construção de novas vias e a rede de camionagem, e na segunda metade do século a rede de autocarros. O elétrico e o autocarro vão chegar aos bairros residenciais das freguesias periféricas, promovendo o elétrico uma ocupação urbana linear ao longo do “corredor” da linha do elétrico e o autocarro a ocupação urbana nos espaços interiores por penetrar na malha rodoviária dado ser um meio de transporte com percursos mais flexíveis (Pacheco, 1992^a).

Ao longo da marginal atlântica do Porto e do eixo da avenida da Boavista foi-se colmatando o edificado levando a que a Foz se constituísse como um contínuo construído desde o Jardim do Passeio Alegre à praça do Gonçalves Zarco (também conhecida por Castelo do Queijo) e rotunda da Boavista prolongando-se o Porto para a cidade de Matosinhos e Leça da Palmeira. Esta densificação deveu-se à combinação e valorização de vários fatores, nomeadamente, ao apreço pela vivência junto ao mar, boas acessibilidades (avenida da Boavista e avenida Marginal), presença de transportes públicos e espaços públicos qualificados e instalação de zonas industriais (avenida da Boavista). Nesta zona ocidental da cidade são várias as ações de arborização e requalificação do espaço público

que são realizadas ao longo das décadas de 20 e 30 que se traduzem em praças e jardins destacando-se a arborização das avenidas de Montevideu e Brasil que permitiram a constituição de um extenso passeio público ao longo do mar e construção da praça Gonçalves Zarco (Andresen e Marques, 2001).

Destaca-se ainda desta época os bairros da Foz Nova, praças, largos e arborização de arruamentos que refletem desde finais do séc. XIX a emergência do turismo balnear. As antigas famílias aristocráticas e a elite burguesa do Porto, incluindo as famílias estrangeiras, fixaram aí as suas residências de Verão. O traçado ortogonal em linhas definidas pela relação com o mar exibia, o gosto sóbrio marcado pela presença do “*Chalet*” ou das casas de duas águas de gosto requintado, como também uma considerável capacidade económica. Nas casas de inspiração inglesa privilegiavam-se os jardins. As ruas eram ensombradas pelas árvores que se colocavam ao longo dos passeios (Igespar, 2013).

Entre a Boavista e a Foz, numa zona de expansão urbana impulsionada pela presença da avenida da Boavista, indústria e melhoria das acessibilidades, situava-se a quinta privada de Serralves que se veio a tornar numa das construções mais marcantes do Porto da primeira metade do séc. XX. A quinta deve a sua importância à dimensão, função e valor patrimonial, sendo o resultado das remodelações que o 2º Conde de Vizela encomendou ao arquiteto português José Marques da Silva e ao arquiteto francês Jacques Gréber entre os anos 30 e 40. Gréber seguiu os modelos estéticos em vigor na Europa e América do Norte. A quinta foi adquirida pelo estado português em 1986, mas pertence atualmente à Fundação de Serralves funcionando desde 1987 como parque de uso público.

Ainda durante os anos 30 e 40 do séc. XX, por influência dos modelos de planeamento e necessidade de dar resposta ao aumento demográfico e de circulação de pessoas e bens, vão-se abrir no Porto novos arruamentos de amplos traçados que permitiram passeios e separadores centrais generosos, circulação rodoviária, transportes públicos e arborização. De entre as vias abertas neste período destaca-se a avenida dos Combatentes da Grande Guerra (Ramos, 2000; Tavares, 2013).

A praça Velasquez (Francisco Sá Carneiro desde 1981) fazendo parte do plano realizado pelo Arquiteto Arménio Losa (1908-1988) é construída em finais da década de 40, numa zona de expansão urbana tendo sido plantados alinhamentos de carvalhos que se articulavam com a avenida dos Combatentes da Grande Guerra arborizada com plátanos. Imagens de 1952 mostram a praça recentemente ajardinada apresentando um traçado próximo do atual apesar de terem sido realizadas remodelações em 1969 que alteraram o traçado e a composição da vegetação (Farinha-Marques *et al.*, 2013).

O autocarro começa a circular num elevado número de linhas nesta segunda metade do séc. XX criando-se ligações com novos bairros quer sejam os associados às elites sociais quer aos núcleos industriais (Gomes da Costa, Foz Nova, Campo Alegre, Paranhos, Antas e Costa Cabral, Ramalde, Viso, Contumil, Freixo, Azevedo de Campanhã, zona ribeirinha de Gaia, Monte da Virgem, Asprela, S. Mamede de Infesta e Padrão da Légua), urbanizando-se núcleos que ainda se encontravam rurais.

Sendo o autocarro que vai assegurar o transporte a partir dos anos 50 vai-se fazer o preenchimento da malha urbana e a extensão para periferias (Pacheco, 1992^a) pelo que dada a capacidade deste meio de transporte se adaptar às condicionantes das vias, verificou-se a edificação ao longo de caminhos rurais.

Também a indústria e depois os serviços (finança, administração, ensino, saúde, imprensa) levou ao aumento da densidade urbana no Porto e crescimento dos municípios periféricos a partir da década de 80 (Ramos, 2000). É nesta década de 80 que parques e jardins são construídos na cidade do Porto destacando-se o Parque da Cidade, que ficou concluído em 2002 constituindo-se ainda hoje como a maior área verde da cidade (com cerca de 90 ha) e que se estende até ao mar. Esta área verde só foi possível de construir pela reserva de terrenos na área ocidental para parque que se foi fazendo em sucessivos planos ou pré-planos que se foram desenvolvendo para a cidade.

Foram ainda incluídos na cidade espaços verdes em zonas de expansão urbana e na marginal fluvial por processos de recuperação ou reutilização de terrenos que se encontravam sem função específica sendo exemplos o Parque da Pasteleira, o Parque do Fluvial e o Jardim do Calém.

Na zona oriental e norte da cidade onde igualmente se fazia sentir a presença das indústrias têxteis e metalúrgicas, equipamentos (hospitais e ensino), bairros de diferentes tipologias e estação da Campanhã verificou-se crescimento urbano, e também aqui por processos de recuperação ou reutilização de terrenos ou quintas que se encontravam sem função específica, foi possível acrescentar espaços verdes públicos à cidade, destacando-se o Parque de S. Roque da Lameira e Monte Aventino, quinta do Covelo e, já no início do séc. XXI, o Parque Oriental da Cidade.

No Porto, na primeira metade do séc. XX os espaços verdes mantêm-se como elementos essencialmente vocacionados para o recreio e lazer e a sua localização tem por preocupação responder às necessidades das populações pelo que se implantam nas áreas de maior desenvolvimento urbano ou associado às zonas de recreio balnear. Na segunda

metade do séc. XX verifica-se a preocupação de ampliar as áreas verdes tendo em consideração o estabelecimento de continuidades, inserir elementos patrimoniais e culturais e de preservação do ambiente mas a arborização continua a manifestar-se deficiente no estabelecimento de estrutura ecológica devidamente pensada e articulada com a estrutura urbana e sistemas de mobilidade.

2.6.3.4 A arborização no séc. XIX e XX em Matosinhos, Maia e Gondomar

Os espaços verdes públicos dos concelhos limítrofes de Matosinhos, Maia ou Gondomar praticamente permaneceram sem grandes alterações até à segunda metade do séc. XX, ou seja para além da arborização que se ia pontualmente acrescentando fruto da construção de grandes infraestruturas, novas ruas, pequenas intervenções realizadas em espaços públicos e espaços herdados dos séculos anteriores, a estrutura verde desses concelhos resultava essencialmente de adros, terreiros, jardins, praças, alamedas, quintas, conventos e mosteiros que passaram a ter uso público. É a partir da segunda metade do séc. XX, e especialmente da década de 80, que nos concelhos limítrofes a norte do Porto se construíram e planearam os espaços verdes de grande dimensão com funções múltiplas de conservação, recreio e lazer à semelhança do que aconteceu no Porto.

Começando por se analisar o concelho de Matosinhos por ser o que apresenta espaços verdes públicos mais precoces, identificasse a alameda Passos Manuel como sendo um dos primeiros espaços arborizados da vila encontrando-se cartografado no plano “Vila de Matosinhos com a canalização para o abastecimento de água” (1896) (Figura 2.29) e no detalhe da Planta Geral da Costa de Portugal desde a Senhora da Boa Nova até à Foz do Rio Douro (Figura 2.18). À semelhança das alamedas do séc. XVIII do Porto a alameda Passos Manuel correspondia a uma “varanda” arborizada sobre o rio Leça, situada no limite urbano da vila sendo procurada para passeio público, consistindo num troço de rio regularizado e delimitado por muros (Figura 2.19).

Nos mesmos plano e planta também se verifica a regularização da margem norte do rio existindo um patamar com jardim. Uma imagem não datada mas anterior à década de 30 (quando do início da doca nº 2 do porto de Leixões) mostra a alameda de Passos Manuel e o jardim na margem de Leça da Palmeira (Figura 2.20).

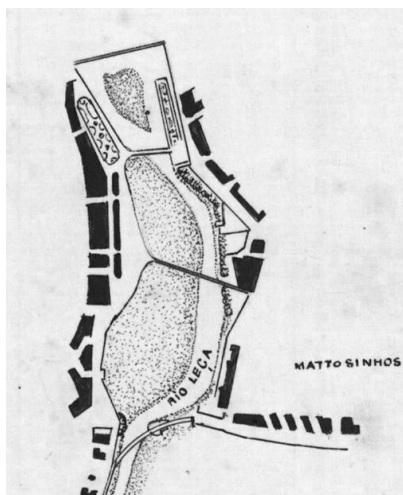


Figura 2.18 Detalhe da Planta Geral da Costa de Portugal desde a Senhora da Boa Nova até à Foz do Rio Douro (s/d.) mostrando a alameda Passos Manuel em Matosinhos e jardim em Leça da Palmeira
Fonte: Arquivo APDL



Figura 2.19 Postal da alameda Passos Manuel em Matosinhos. (s/d.)
Fonte: Arquivo Municipal de Matosinhos.



Figura 2.20 Primeiro plano com jardim de Leça da Palmeira, seguindo-se rio Leça e Alameda Paços Manuel. (s/d.)
Fonte: Arquivo Municipal de Matosinhos.

A alameda Paços Passos Manuel situava-se num local representativo das funções e desenho da cidade, pois aí confluíam pontes e ruas importantes como Brito Capelo (onde passava o “americano”), rua da Igreja e rua do Conde Alto de Martim que ligavam à rua Santa Ana de acesso à Igreja do Senhor de Matosinhos e que se encontrava arborizada.

No séc. XIX Matosinhos era um lugar frequentado pela burguesia e intelectuais portuenses por aí se encontrar o Hipódromo e Jockey Club Portuense, a praia D. Carlos I, rio Leça e campos para o passeio e lazer (Lemos, 2011), sendo suficientemente afastado do bulício da Foz, entretanto muito frequentado pela população portuense, e onde era possível aceder facilmente por ter transportes públicos que asseguravam a ligação entre Matosinhos, Leça da Palmeira e Porto. Nos finais do séc. XIX, e apesar do núcleo urbano de Matosinhos ainda ser relativamente pequeno e apresentar carácter disperso, com a construção do porto de Leixões, presença de linhas ferroviárias e do “americano”, verificava-se a consolidação da pesca, aumento da indústria, numa primeira fase de salga e depois de conservas, levando a alterações sociais e urbanas. Em 1911 registavam-se já mais de 10 mil habitantes num aglomerado em grande crescimento demográfico e urbano. A perspetiva da proximidade da matéria-prima (peixe), do local de escoamento (porto) e de acessos à cidade do Porto promovia uma urbanização relativamente rápida (Nunes, 1998; Miranda, 2004).

O aumento da população e das dinâmicas territoriais levou à elaboração de planos e levantamentos sendo de finais do séc. XIX dois planos, o plano “Vila de Matosinhos com a canalização para o abastecimento de água” (1896) e Planta Projecção Horizontal de parte da Vila de Matosinhos compreendida entre a praia dos banhos e o forte do Queijo de Licínio Guimarães (data provável 1896). A planta de Licínio Guimarães revestia-se de especial interesse porque definia uma estrutura urbana segundo uma malha ortogonal que, em grande parte, se conserva até à atualidade.

Na zona sul sobre o Hipódromo, Jockey Club e areal, também conhecido por prado, foi progressivamente feita a ocupação com construção, primeiro com a doca do porto de Leixões depois com os edifícios industriais segundo uma malha ortogonal de arruamentos e edifícios industriais. O velho centro urbano vai perdendo importância e a rua de Brito Capelo torna-se o centro da vila fazendo o prolongamento e articulação para sul na ligação ao Porto (Lemos, 2011).

É nesta vasta área plana do areal ou prado que daí em diante, e já na viragem do século, numerosas empresas conserveiras e de salga viriam a requerer alvarás nos terrenos

do Hipódromo e Jockey-Club fazendo com que Matosinhos começasse a perder progressivamente o seu carácter de estância de repouso e lazer da burguesia portuense (que Leça da Palmeira mantém) e começasse a adquirir o carácter industrial, o que será acelerado com a construção do porto de Leixões que se inicia em 1884 (Miranda, 2004).

As linhas de caminho-de-ferro, algumas em articulação com novas fábricas, a construção de novas estradas, assim como o surgimento dos transportes públicos que estabeleciam ligação regular com a cidade do Porto e outros pequenos aglomerados urbanos periféricos, contribuíram para o crescimento urbano, predominantemente para sul. A estrada de circunvalação, inaugurada em 1895, substitui o tradicional trajeto através da estrada da Azenha de Cima, assim como a ponte de madeira, ligando a rua Nova do Arnado (Leça) ao Juncal de Baixo (rua Roberto Ivens, Matosinhos), e a ponte metálica que permitem a sua utilização pelos recém-chegados transportes públicos (Nunes, 1998).

A primeira ligação que se estabeleceu por transportes públicos entre o Porto e Matosinhos ocorreu em 1872 por tração animal usando o “americano” e entre a Boavista e a Foz por tração a vapor em 1878 como já se referiu. Mais tarde, foram estabelecidas ligações com Leça da Palmeira pelas pontes de madeira e metálica (1886). A eletrificação da linha realizou-se entre 1897-98 e até Leça da Palmeira (Sousa e Alves, 2001). Este percurso em Matosinhos passava pela rua de Brito Capelo em Matosinhos numa viagem de grande fruição da paisagem passando por ruas arborizadas.

Outras ligações importantes de transporte público estabeleceram-se em 1893 passando-se a utilizar a linha de caminho-de-ferro antes utilizada na construção do porto de Leixões na ligação à pedreira de S. Gens passando a ligar Senhora da Hora até Matosinhos e Leixões na linha conhecida por Ramal de Leixões ou Linha de Leça.

O plano de Licínio Guimarães foi sendo aplicado com alguma “flexibilidade” estabelecendo-se uma malha urbana ortogonal, e não tendo o plano estabelecido uma hierarquização viária ela foi sendo implementada destacando-se no final do séc. XIX as ruas de Brito Capelo, avenida Menéres e avenida da República como se pode observar no “Desenho n.º 1 do Projecto dos Engenheiros A. Loureiro e Santos Viegas – variante nº 2” (Figura 2.21). Neste desenho de 1907 observa-se que a avenida Menéres (1897) já se encontrava consolidada estando ainda o areal ou prado por edificar. A avenida Menéres quando da sua construção foi arborizada. Também a avenida da República veio a ser construída mas com maiores dimensões (25m de largura) assumindo o carácter de *Boulevard* tão apreciado na época. Ao contrário das restantes áreas para sul onde predomina a indústria, a avenida da República vai ser ocupada pelas habitações das

famílias industriais e burguesas verificando-se neste mesmo desenho a consolidação desta rua. Miranda (2004: 37) refere relativamente à avenida da República que *“Esta alameda, amplamente ajardinada, resultaria como charneira entre a habitação e a indústria, onde são perceptíveis as dimensões do edificado. Surgem, nesta época por um lado as novas habitações burguesas, por outro, habitações construídas nas próprias fábricas”*.



Figura 2.21 Detalhe do Desenho n.º 1 do “Projecto dos Engenheiros A. Loureiro e Santos Viegas – variante n.º 2” 1907
Fonte: Arquivo APDL

O Projeto dos Engenheiros A. Loureiro e Santos Viegas de 1907 também se apresenta interessante por apresentar a visão das relações que o porto de Leixões podia estabelecer com os municípios e aglomerados periféricos. A via rápida de ligação entre o Porto e Matosinhos apenas se encontrava projetada (construída na década de 60) tal como os novos acessos ao porto de Leixões (Doca nº 1 e 2). O aglomerado de Leça apresentava pequenas dimensões e encontrava-se voltado para o rio e sem relações com a frente marítima tendo uso do solo distintos das propostas apresentadas pelo porto de Leixões (Figura 2.21).

A construção do Porto de Leixões veio a revelar-se profundamente transformadora do desenho urbano desaparecendo quarteirões inteiros, casas, jardins, alamedas, praças, mercado, capelas, pontes, lavadouros públicos e praias fluviais ou seja desaparecendo grande parte do núcleo mais antigo da vila que foi crescendo no contacto direto com a frente ribeirinha, em redor do núcleo piscatório e das capelas de devoção.

Nas décadas de 1910 e 1920 verificou-se um notável crescimento das conserveiras em conjunto com a produção de vinho, fruta e cortiça, pelo que para além da vertente exportadora que se verificava em todo Matosinhos acresce o aumento dos setores agrícola e piscícola (Miranda, 2004).

A indústria conserveira continuava o seu crescimento tendo tido dois grandes picos de volume de produção/exportação quando das guerras mundiais. As ruas transversais e longitudinais da área industrial de Matosinhos foram-se consolidando e com a construção da doca nº1 (1932) e nº2 (1956) do porto de Leixões foram também grandes as alterações na frente fluvial norte e sul (Cleto 1998; Miranda, 2004).

Dionísio (1964: 426) refere que *“A velha e longa ponte românica que ligava Matosinhos a Leça teve de ceder lugar à moderna e motorizada ponte levadiça (...), que marca o encontro da Doca nº 1 com a Doca nº 2”* e ainda *“Mais ao fundo, na orla N. da Doca interior, recorta-se a ponte da via rápida, de cimento, de dez tramos (...) recentemente concluída (1962), e que se destina a facilitar a ligação do Porto com o Aeroporto de Pedras Rubras”*. Por esta estrada fazia-se a ligação para norte para Viana do Castelo pela EN 13 (Porto – Viana do Castelo – Valença).

Uma outra ponte permitia a passagem do elétrico entre Matosinhos e Leça da Palmeira (ponte metálica ou do elétrico) que também foi demolida durante a construção do porto de Leixões, tendo sido feita a reposição do transporte público pelo autocarro na ponte móvel (1959). Após a construção do porto de Leixões a tendência de crescimento passou a processar-se paralelamente à linha de costa, e não em relação ao rio, crescendo a cidade de acordo com a implantação da infraestrutura (Cleto, 1998; Lemos, 2011).

Tendo já sido referida a arborização de arruamentos e alamedas presentes no final e início do século a arborização do concelho vai aumentando e diversificando à medida que a urbanização aumenta. Um dos espaços de lazer que vai adquirir estatuto de parque público é o Parque Basílio Telles, antes campo de feira. Este jardim situa-se junto de um dos principais acessos à vila de Matosinhos e apresenta um traçado misto de passeio público e canteiros com plantas. Não se sabendo com exatidão a data de construção do jardim é possível identificar o campo com limites aproximados à área atual no “Projeto dos Engenheiros A. Loureiro e Santos Viegas – variante nº 2” de 1907 e na Planta de 1927 com as primeiras estruturas e ramal de ligação a Leixões já com a designação de Parque Basílio Telles (Figura 2.22). Uma planta de 1936 relativa ao projeto de reformulação da avenida da Vitória, atualmente designada de avenida D. Afonso Henriques realizada pela Câmara Municipal de Matosinhos redefine os limites do jardim e apresenta proposta para construção da avenida com separador central para arborização tal como foi realizado na avenida da República (Figura 2.23).



Figura 2.22 Detalhe da Planta de 1927 com as primeiras estruturas e ramal de ligação a Leixões.
Fonte. Miranda, 2004 p. 58

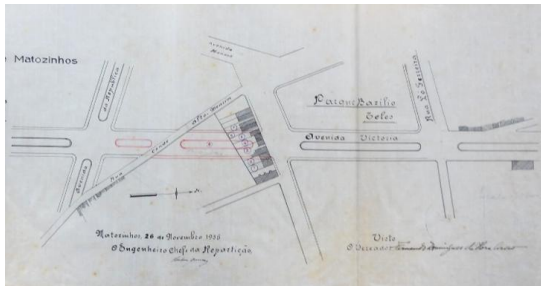


Figura 2.23 Detalhe da Planta de Reformulação da avenida Vitória – proposta de 1936.
Fonte. Arquivo Municipal de Matosinhos.



Figura 2.24 Imagem do Parque Basílio Teles mostrando jardim e avenida recentemente construída (s/d.).
Fonte. Arquivo Municipal de Matosinhos.



Figura 2.25 Imagem do Parque Basílio Teles mostrando arborização desenvolvida (s/d.).
Fonte. Arquivo Municipal de Matosinhos.

À semelhança dos jardins de viragem do século no Porto, o Parque Basílio Teles foi implantado num local de confluência de saídas/entradas na vila de Matosinhos e num desenho muito semelhante ao dos jardins oitocentistas do Porto (Figura 2.24 e 2.25). Com a inauguração da Câmara Municipal de Matosinhos em 1987 e da Biblioteca Florbela Espanca em 2005, o Parque Basílio Teles fica inserido no centro político/administrativo do concelho. É hoje um dos jardins públicos mais antigos de Matosinhos uma vez que com a construção da doca do porto de Leixões, a alameda Passos Manuel situada nas margens do rio Leça foi demolida. A estátua de Passos Manuel é nessa ocasião mudada para a sua localização atual, na praça de Passos Manuel.

Durante a primeira metade do séc. XX ampliou-se e consolidou-se a área industrial de Matosinhos sul o que se traduziu no crescimento de toda a Vila. A sua dimensão, atividades e população justificam a ampliação e construção de avenidas que também tinham por objetivo resolver o acesso ao porto de Leixões. Algumas avenidas asseguravam circulações transversais e outras longitudinais constituindo o seu conjunto até hoje elementos fundamentais da estrutura urbana, mobilidade e arborização do espaço urbano (Lemos, 2011).

Havia por parte dos industriais preocupação em construir os arruamentos (pavimentadas em macadame) e plantar árvores deixando os passeios livres para a circulação dos peões, sendo por vezes essa construção e plantação de sua iniciativa e encargo (Nunes, 1998). Mesmo nos locais junto à frente marítima, onde as condições para a implantação das árvores são difíceis (Fabrica de Refinação de Açúcar de Angola) as ruas apresentavam plantações em alinhamento ao longo da rua.

Durante os anos 40, Matosinhos continua o seu processo de crescimento demográfico e urbano tendo-se desenvolvido planos que tinham por objetivo orientar os processos de urbanização destacando-se o “Anteprojeto do Plano de Urbanização da Vila de Matosinhos” do Arq. Moreira da Silva que mantém a ortogonalidade do plano de Licínio Guimarães mas estabelece uma hierarquização dos arruamentos.

O aglomerado de Leça da Palmeira também continua o seu processo de crescimento segundo uma matriz ortogonal mas as restantes áreas do concelho mantêm aglomerados dispersos de forte ruralidade onde pontua a indústria.



2.26 Detalhe de planta da Vila de Matosinhos. Década de 60. Pode-se observar o desenho ortogonal das áreas de expansão urbana de Matosinhos e Leça da Palmeira e as linhas ferroviárias de Leixões ou de Cintura do Porto e Ramal de Matosinhos ou Ramal de Leixões
Fonte: Dionísio, 1964, p. 384

Nas décadas de 40, 50 e 60 o porto de Leixões necessitando de construir a doca nº 1 e 2 e acessos e pontes vai obrigar a grande remodelação de toda a faixa fluvial de Matosinhos e Leça da Palmeira (Figura 2.26) adquirindo terrenos e desenvolvendo projetos.

Resulta deste processo a aquisição da Quinta da Conceição e sua transformação para parque público. A autarquia considerando ser a quinta um elemento fundamental para a cidade e dinamização do turismo no município arrenda à Administração dos Portos do Douro e Leixões S.A. (APDL), através da Comissão de Turismo da Câmara Municipal de Matosinhos, as matas da Quinta da Conceição em 1956 para a criação do “Parque da Vila” tendo só efetuado o arrendamento da totalidade da quinta em 1958 (Pinto, 2011). Tendo a Quinta por origem o convento de Nossa Senhora da Conceição da Ordem de S. Francisco (1481) confinava até ao início do séc. XX com as margens do rio Leça. O convento foi vendido em hasta pública após a extinção em 1834 das ordens religiosas à família Sá Lima que lhe fez remodelações, sendo ainda hoje visíveis o antigo claustro do convento e alguns chafarizes monumentais (Câmara Municipal da Matosinhos, s/d). A Quinta da Conceição entra na posse da APDL em 1955 com vista à construção da doca nº2 e acessos ao porto de Leixões ficando a propriedade amputada de parte da sua área original em 1956 deixando de ter contacto com o rio (Figura 2.27), sendo arrendada a restante área pela Comissão de Turismo da Câmara Municipal de Matosinhos para a criação do “Parque da Vila”. O projeto

inicialmente desenvolvido pela APDL foi revisto por Fernando Távora que reajustou os limites das Quintas da Conceição e Santiago aos acessos do porto de Leixões (Figura 2.27) e reintroduziu equipamentos de recreio, nomeadamente o pavilhão de ténis e o Arq. Moreira da Silva que ficou encarregue de elaborar o projeto de execução das pracetas de acesso à ponte (móvel) e viadutos de ligação a construir pela APDL entre Matosinhos e Leça da Palmeira. Esta proposta de revisão do projeto é aceite pela APDL em 1956 (Pinto, 2011). Na década de 60 a quinta da Conceição sofre remodelações de acordo com projeto do Arquiteto Fernando Távora e Arquiteto Paisagista Ilídio de Araújo e passa a ser utilizada pela população como parque tendo só sido adquirida pela Câmara Municipal de Matosinhos em 1968 (APDL, 1968; Melo, 2009; Pinto, 2011). Também a Quinta de Santiago é adquirida pela APDL em 1956 tendo sido vendida à Câmara Municipal de Matosinhos em 1968 (APDL, 1968).

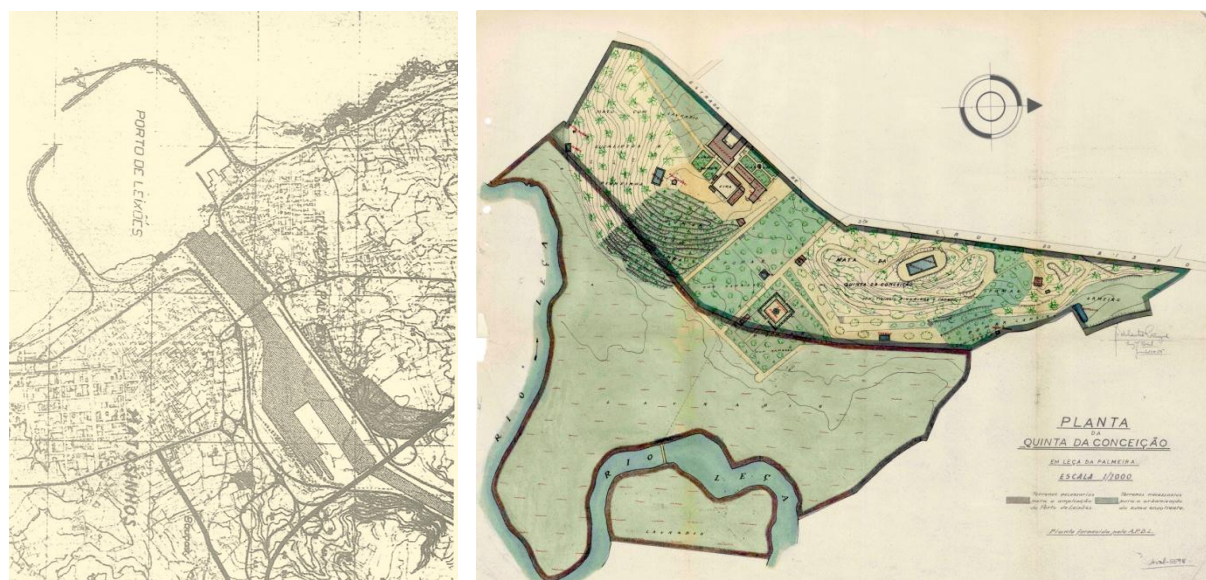


Figura 2.27 Planta de Fernando Távora. Estabelecimento de Ligações entre a EN 107, Leça da Palmeira e Matosinhos e acertos com a Quinta da Conceição e Quinta de Santiago de 1958 e Planta da Quinta da Conceição de 1955 com a identificação das áreas necessárias para a ampliação do porto de Leixões e terrenos necessários para a urbanização da área envolvente

Fonte: Trigueiros, 1993 p. 189 e Arquivo APDL

As avenidas projetadas e construídas no âmbito dos novos acessos ao porto de Leixões implicaram a arborização de taludes, nós, faixas separadoras e rotundas.

Estas décadas de 50 e 60 do séc. XX foram de grande dinamismo em Matosinhos e concelhos limítrofes por ser um período em que se fazem grandes investimentos públicos, muito em articulação com o porto de Leixões destacando-se a construção da avenida Marechal Carmona (atual avenida Empresarial de Portugal) que assegura a ligação entre o Porto e Matosinhos através da zona industrial de Ramalde, a Via Norte (ligação Porto Maia), a ponte da Arrábida e aeroporto de Pedras Rubras (Marques *et al.*, 1990).

Na década de 60 a rua de Brito Capelo era a artéria com mais trânsito da Vila de Matosinhos encontrando-se nela instalados os Paços do Concelho, o Hotel e a Biblioteca Municipal. Como avenidas “Ao N. da vila, desde a Doca nº 2, corre a extensa Avenida de D. Afonso Henriques, prosseguida, pela Av. D. João IV,” (Dionísio, 1964: 420). Estas avenidas arborizadas ofereciam continuidade, asseguravam ligações entre a zona sul e norte, entre o rio e o mar e entre a Vila e os aglomerados periféricos pelas estradas nacionais 107 e 208.

A avenida da República era considerada uma das avenidas estruturantes tendo sido uniformizada a arborização em 1958 em toda a avenida, seguindo-se obras de requalificação em 1965 sendo que logo se fizeram novas alterações no separador central que foi pavimentado em 1968 (Pinto, 2011).

Estas avenidas arborizadas num desenho de *Boulevard* definiam passeios públicos que se estabeleciam ao longo de eixos urbanos qualificados e que passavam por jardins, adros de igreja e largos (Figura 2.28).



Figura 2.28 Avenida Afonso D. Henriques com arborização no separador central (s/d.)
Fonte. Arquivo Municipal de Matosinhos.

A crise da indústria conserveira começou na década de 60 sentindo-se a necessidade de repensar os usos do solo, tendo-se realizando o “Plano de Urbanização para a zona sudeste de Matosinhos” pelo Arquiteto Arménio Losa em 1963, baseado nos princípios do modernismo e que vai marcar mais uma fase de crescimento da vila numa visão de reconversão da indústria numa zona residencial. Matosinhos só foi elevada a cidade em 28 de junho de 1984 (Lei 10/84 - Diário da República 148).

Na década de 90 é assumida a decadência da zona de Matosinhos sul definindo-se a sua vocação para área residencial face à sua geografia (proximidade com o mar), proximidade de zonas residenciais muito valorizadas no Porto e boas acessibilidades rodoviárias que facilitam a mobilidade para vários locais na região (Lemos, 2011).

É também nesta década de 90 e início do séc. XXI que surgem parques urbanos em Matosinhos correspondendo uns às necessidade de ampliação e consolidação da estrutura ecológica urbana numa perspetiva de verde contínuo mas inseridos na malha urbana como sejam o Parque Urbano do Carriçal (freguesia da Srª da Hora – S. Mamede de Infesta) e Parque de Real (freguesias de Matosinhos - Leça da Palmeira e Srª da Hora – S. Mamede de Infesta), outros encontram-se inseridos em áreas de carácter mais rural/florestal e asseguram o verde contínuo e conservação ou integram o património como sejam o caso do Parque das Varas, Campo da Freita de Santana, Largo do Mosteiro de Leça do Balio (Parque do Mosteiro de Leça do Balio), Parque da Ponte do Carro e Largo do Souto situados na freguesia de Custóias - Leça do Balio - Guifões, e Parque Ecológico Monte de S. Brás e Largo da Viscondessa situados na freguesia de Perafita – Lavra - Santa Cruz do Bispo (Andresen *et al.*, 2009).

Ainda como espaços verdes de Matosinhos são obrigatórios de referir, porque utilizados pela população em romarias, a Quinta de Stª Cruz do Bispo do séc. XVI em Stª Cruz do Bispo que por expropriação em 1911, ao abrigo da lei de Separação, acabou por passar em 1913 para o Posto Agrário do Minho Litoral e em 1939 para o Ministério da Justiça sendo instalada uma colónia penal (Araújo, 1962). No entanto, uma parte dos terrenos da quinta são de uso público, nomeadamente as Matas que envolvem a Capela, a peça arqueológica designada de “*Homem da Maça*” e a rua de S. Brás.

No contexto da avaliação da arborização no concelho de Matosinhos torna-se necessário estudar a evolução dos espaços verdes no aglomerado urbano de Leça da Palmeira pela relevância que esta vila apresenta desde o séc. XIX como destino ligado ao recreio e ao lazer muito ocupado por ingleses e artistas. A atividade banhar em Leça da Palmeira aumenta após a última década do séc. XIX atraindo uma população burguesa e aristocrática que pretendendo fugir das más condições de saneamento, ilhas e densidade populacional da cidade do Porto, encontra em Leça a oportunidade de se instalar em locais com bons ares e condições onde os terrenos e casas tinham custos inferiores aos verificados na Foz. Leça da Palmeira foi sujeita a crescimento urbano planeado no início do século refletido em ruas ortogonais, largas e organizadas em função da orientação do mar e

do sol, com iluminação pública que é instalada a partir de 1885, abastecimento de água e saneamento. As ruas a partir dos anos 90 do séc. XIX começam a ser em macadame (Oliveira, 2000). Esse planeamento reflete-se também na arborização que vai aparecer ao longo de alguns dos arruamentos numa estrutura semelhante aos arruamentos da Foz Nova do Porto.

O recreio em Leça da Palmeira funcionava como meio de afirmação social pelo que, para além da praia, em espaço exterior faziam-se passeios, piqueniques, equitação, lutas e criavam-se oportunidades para ouvir poesia e pensamentos. Existem referências de que no Largo do Castelo, então um espaço ensaibrado, se organizavam vários divertimentos e lutas de rapazes (Oliveira, 2000). O mesmo autor refere que em 1899 se iniciaram as obras de abertura e macadamização da alameda de Leça, também conhecida por “Sala de Visitas”, consistindo numa *“obra de grande efeito de decoração e que proporcionaria no Verão um passeio muito agradável”*. Este espaço localizava-se este espaço entre a esplanada do Castelo e o Hotel Estefânia (Figura 2.29) (Oliveira, 2000: 106).

A área do Castelo é sujeita a intervenções tendo-se em 1930 realizado um “Projecto de melhoramentos do Largo do Castelo” com vista à construção de jardim tendo sido parcialmente concretizado. O projeto (Figura 2.30) permitia a redefinição de novos alinhamentos dos arruamentos e arborização (Oliveira, 2000).

Outro dos projetos realizados pela Câmara Municipal de Matosinhos tendo em vista a requalificação dos espaços públicos de Leça da Palmeira foi o do Jardim Domingues de Oliveira. Este jardim começou a sua construção em 1928 mas só ficou concluído após 1930 (Figura 2.31).



Figura 2.29 Detalhe do plano "Vila de Matosinhos com a canalização para o abastecimento de água" mostrando a "sala de visitas" e Largo do Castelo (1896).
Fonte: Arquivo Municipal de Matosinhos.

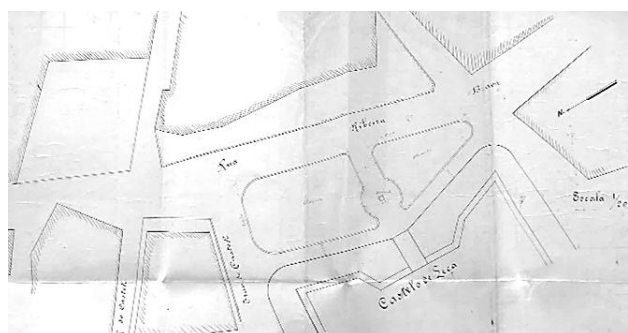


Figura 2.30 Projeto realizado pela Câmara Municipal de Matosinhos para jardim no Largo do Castelo. 1930.
Fonte: Arquivo Municipal de Matosinhos.

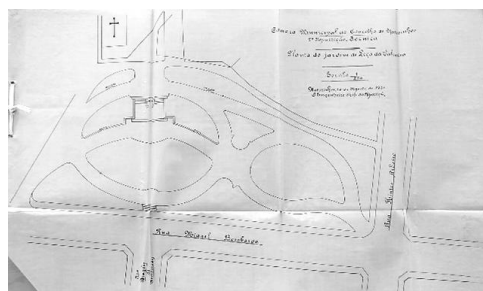


Figura 2.31 Projeto realizado pela Câmara Municipal de Matosinhos para o Jardim de Leça da Palmeira - Jardim Domingues de Oliveira. 1930.
Fonte: Arquivo Municipal de Matosinhos.

A avenida Marginal (hoje avenida da Liberdade) começou a ser construída em 1928 para se ter acesso ao farol da Boa Nova mas, na década de 30, a avenida ainda é descrita como sendo um terrapleno. Só em 1953 dada a necessidade de se criarem ligações rápidas com o porto de Leixões (docas nº 2 e 3) ao norte do país e aeroporto das Pedras Rubras se iniciou a construção da 1ª fase do projeto até ao Farol da Boa Nova passando a avenida a ser denominada de avenida dos Centenários e depois de avenida da Liberdade. Recentemente foi alvo de obras de Requalificação encontrando-se pontualmente ajardinada mas sem arborização. O processo de requalificação dos espaços urbanos de Leça continuou pelas décadas de 40 a 60 do séc. XX com o ajardinamento do Largo António Nobre, área do Castelo e junto à avenida dos Centenários. Com a construção dos acessos ao porto de Leixões toda a frente marítima e fluvial sofre remodelações destacando-se o projeto de integração paisagística do Castelo de 1962 da autoria de Ilídio de Araújo (Melo, 2009).

Leça da Palmeira e Matosinhos são aglomerados servidos por linhas ferroviárias que permitem a fruição da paisagem por atravessarem territórios de usos diversificados. O facto das estações e os apeadeiros se encontrarem muito afastados entre si e, por vezes, até em locais afastados dos espaços urbanos consolidados e por fazerem a circulação a grandes velocidades, leva a que as componentes associadas ao espaço público arborizado fiquem concentradas nas áreas das estações e dos apeadeiros levando ao crescimento da urbanização na sua envolvente. Os comboios vão ter um contributo decisivo nos processos de periurbanização (crescimento urbano na envolvente das estações e apeadeiros) mas não tendo para o crescimento da urbanização ao longo do “corredor” de circulação (Pacheco, 1992^a). As linhas ferroviárias que chegam a Leça da Palmeira e Matosinhos são: (a) Linha do Ramal de Leixões ou Linha do Leça; (b) Linha de Leixões, Linha de Cintura do Porto ou a Linha de Circunvalação do Porto.

O ramal inicialmente construído para fazer o transporte de pedra das Pedreiras de S. Gens para as obras de construção do porto de Leixões de 1884 foi reconvertido em ramal ferroviário sendo aberto para exploração pública em 1893. Este ramal, também conhecido como Ramal de Leixões ou Linha de Leça, liga a Estação Ferroviária de Matosinhos à Senhora da Hora tendo estes dois terminais sido relevantes o primeiro porque permite a ligação a Leixões e o outro faz a ligação à Linha do Porto – Póvoa- Famalicão (CP, s/d.; Cleto, 1998). Realizou-se a supressão desta linha em 1962 (CP, s/d.).

A Linha de Leixões, também conhecida por Linha de Cintura do Porto, Linha de Circunvalação do Porto, ou Linha de Circunvalação de Leixões fazia a ligação ferroviária entre as Estações de Leixões e Contumil na Linha do Minho, tendo começado a funcionar em 1938, e sido totalmente aberta à exploração em 18 de Setembro, incluindo a ligação a Ermesinde. Trata-se de uma linha que é utilizada atualmente apenas para tráfego de mercadorias, mas fez transporte de passageiros até 1987 e entre maio de 2009 e janeiro de 2011. Esta linha torna-se muito importante para o porto de Leixões para assegurar tráfego de mercadorias e permitiu que a estação de Ermesinde adquirisse maior dinamismo pois funciona como interface (CP, s/d.).

Por fim ainda se tem de referir a Linha Porto-Póvoa de Varzim-Famalicão, igualmente conhecida como Linha do Litoral do Minho ou Linha da Póvoa que ligava a cidade do Porto às localidades de Póvoa de Varzim e a Famalicão. O primeiro troço, entre as Estações de Porto-Boavista e Senhora da Hora, é inaugurado em 1875. Na Estação da Senhora da Hora, podia-se fazer a ligação para a Linha de Guimarães e linha para Matosinhos. Em 1891 são estabelecidos contratos entre a Companhia de Caminho de Ferro e a Carris fazendo-se combinações de horário (Sousa e Alves, 2001). A estação da Senhora da Hora é um ponto de encontro de linhas verificando-se no séc. XIX o aparecimento de um aglomerado urbano e de unidades industriais, sendo a mais relevante a Empresa Fabril do Norte ou Efanor dedicada aos têxteis. A linha ferroviária da Póvoa é encerrada em 2002 dando lugar à linha do metro de superfície que faz a ligação à Póvoa, Aeroporto e Maia (CP, s/d.).

A Senhora da Hora apresentava alguns espaços arborizados associados às estruturas da estação e aos espaços públicos, nomeadamente o largo da estação. Com a conversão da linha da Póvoa de Varzim para metro do Porto numa perspetiva de corredor associado a espaços urbanizados, verificou-se um aumento da arborização em quantidade e diversidade e também dos espaços públicos associados ao corredor do metro do Porto aspeto que foi também assegurado em Matosinhos.

Matosinhos foi desenvolvendo os seus espaços verdes e arborização à medida que os seus núcleos urbanos cresceram e se consolidavam, pelo que são os aglomerados de Matosinhos e Leça da Palmeira os que vão desenvolver jardins, parques e alamedas em desenhos e tipologias muito próximas das que se faziam no Porto. À medida que se verificou o crescimento urbano dos aglomerados e a população passou a ser mais urbana (atividades ligadas ao setor secundário e terciário) os espaços verdes vão-se desenvolvendo em diferentes zonas do concelho respondendo não só a necessidades de recreio mas também à preservação dos valores culturais e naturais, assegurando-se a ligação aos sistemas naturais e criando-se continuidades (rio Leça, Montes, sistema dunar).

Chegados ao séc. XX Matosinhos e Leça da Palmeira mantêm o traçado ortogonal que foi definido no séc. XIX, tal como a arborização em parte das suas ruas apesar do processo continuado de pavimentações, adaptações aos sistemas de transporte, alteração de volumetrias e densidades de edificação. No final de séc. XX introduziram-se espaços verdes em resposta às necessidades de recreio e lazer das populações e necessidade de preservação e conservação dos valores naturais do município mas não se estabeleceu uma estrutura verde com configuração definida que assegure continuidade e o funcionamento dos sistemas ecológicos tal como a devida articulação com os sistemas de mobilidade.

O concelho da Maia tardiamente definiu o seu aglomerado principal, encontrando-se a população dispersa por vários aglomerados até ao séc. XX enumerando-se, como sendo os mais importantes: Águas Santas e Moreira pela influência dos Mosteiros e Castelo da Maia por aí se encontrar a administração concelhia (Marques, 1999). A dispersão da população e o carácter rural do território começou a sofrer alterações quando da implementação das redes rodoviárias e estabelecimento de dinâmicas industriais.

A atual cidade da Maia cresceu do cruzamento de duas estradas importantes, a Estrada Nacional 14 (Porto-Braga) e a antiga Estrada Nacional 107 que de Pedras Rubras, pelas Guardedeiras rumava ao Picoto (atual cidade da Maia) seguindo para Nogueira, Águas Santas e Ermesinde (Marques, 1999).

Nos primeiros anos do séc. XX o edifício da Câmara Municipal situado no aglomerado do Castelo da Maia desloca-se para o lugar do Picoto na freguesia de Barreiros, entretanto elevada a Vila (Marques, 1999) (Figura 2.32). Lateralmente ao edifício da Câmara definem-se espaços arborizados de traçado geométrico sendo designados por praça do Município os que se encontram situados a nascente e por Jardim e alameda Campos Henriques, que a partir de 1910 passam a ser Jardim e alameda da República, os situados a poente (Maia, 2001) (Figura 2.33).

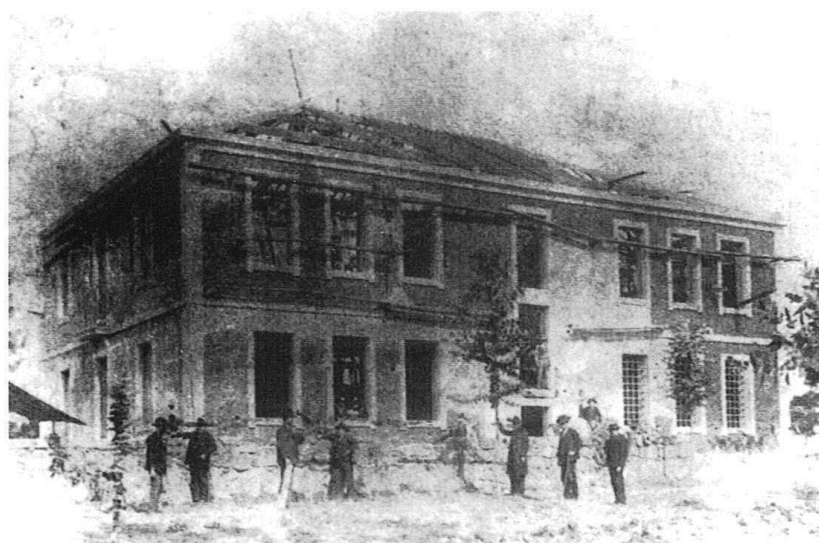


Figura 2.32 Edifício da antiga Câmara Municipal da Maia com arborização na envolvente. Início do Séc. XX. Fotografia do Arquivo da Junta de Freguesia da Maia publicada em Maia, 2001 p. 11

Na década de 40 a área envolvente às praças e edifício da Câmara Municipal sofre alterações decorrentes da demolição de edifícios e realinhamentos de vias mas mantém a arborização e canteiros (Figura 2.33 e 2.34). Sendo pontuais as alterações que se vão realizando até à década de 80 é neste decénio que o edifício construído no início do séc. XX é demolido tal como as praças. No decorrer desta década de 80 é construído o novo edifício da Câmara Municipal, a nova praça do Município (Figura 2.35) e espaços de recreio e lazer em áreas densamente arborizadas, sendo exemplos o Parque Municipal (1984) e o Parque Zoológico da Maia (1985) que ocupa parte do Parque de Nossa Senhora do Bom Despacho (Gadanhó, 1999).



Figura 2.33 Cartografia dos anos 40 do centro da Maia mostrando a praça do Município a nascente e o Jardim e alameda da República a poente
Fonte: Câmara Municipal da Maia



Figura 2.34 Praça do Município na década de 80 do séc. XX. Fotografia do Arquivo da Junta de Freguesia da Maia publicada em Maia, 2001 p. 42



Figura 2.35 Edifício da Câmara Municipal da Maia da década de 80. Ampliação da Câmara Municipal da Maia - novo edifício em construção. Praça do Município com áreas ajardinadas. Fotografia publicada na revista *Maia Municipal*, n.º 0 (jun. 1994) p. 30

Para além da centralidade que se começa a “construir” no início do séc. XX em Barreiros outras freguesias da Maia revelam expansão urbana o que se deve à proximidade ao Porto e ao facto de na primeira década do século o elétrico ter chegado a Águas Santas, contribuindo para o crescimento desta freguesia e da mancha construída ao longo das saídas do Ameal, Areosa e S. Roque da Lameira. A proximidade ao Porto permite os movimentos pendulares diários e o fornecimento de mão-de-obra às unidades industriais da cidade do Porto. Cartografia dos anos 40 demonstra uma malha urbana de grande ruralidade onde as construções se organizam ao longo da Estrada Nacional 14 ou dos “corredores” do elétrico (Marques, 1999) demonstrando a influência da mobilidade sobre a urbanização.

Nos anos 50, o concelho da Maia apresenta malha viária irregular, de difícil escoamento e circulação estando marcada pelos caminhos rurais. A Maia ao contrário do que aconteceu com Gondomar ou Matosinhos não apresenta grande crescimento da população residente na primeira metade do século e o seu aumento demográfico deve-se à fixação de pessoas que respondem à oferta de postos de trabalho pela proximidade do porto de Leixões, aeroporto de Pedras Rubras e indústrias do Porto, nomeadamente de pedreiros, carpinteiros, trolhas e tecelões. São as freguesias da Maia que confrontam com o Porto e Matosinhos que apresentam maior variação da população (Cap. 4). A agricultura manteve-se ainda no séc. XIX e primeira metade do séc. XX tendo as populações rurais por espaços de recreio e lazer os largos e terreiros arborizados de Capelas e Igrejas geralmente situados em montes ou em alguns dos aglomerados (Marques, 1999).

É a partir da década de 60 que a Maia apresenta aumento populacional significativo em resultado dos movimentos migratórios da população para os centros urbanos e litoral do país, implementação de acessibilidades, instalação do parque industrial e disponibilidade de transportes rodoviários públicos. O maior número de habitantes servidos por transportes que circulam pela rede viária primária e secundária permite a ocupação dos núcleos urbanos e polos industriais. Os transportes até à década de 50 assentavam em rede de camionagem que assegurava ligações a Vermoim e Milheirós e elétrico até águas Santas só tendo chegado os STCP em 1958 à vila da Maia (Figura 2.36) (Pacheco, 1992^a; Marques, 1999).



Figura 2.36 Inauguração da primeira carreira regular de autocarro dos STCP para a Vila da Maia em 1958. Fotografia de Fernando Maia publicada em Maia, 2001 p. 18

Dionísio, autor do *Guia de Portugal: Entre Douro e Minho* (1964) refere sobre a Maia que era uma terra “(...) *sulcada por várias rodovias (Via Norte, Via Rápida, Via Leste) e nada menos de cinco linhas férreas (linha do Minho e Douro, Linha de Guimarães, Linha da Póvoa, Linha da Sr^a da Hora – Leixões e Linha da Cintura)*” mas que ainda era “(...) *uma região rural, sem um grande centro, sem uma única vila que tal nome mereça (...)*”. Da paisagem destacam-se as casas, quintas e os campos bordejados por muros de granito, e descrevia a paisagem da Maia como sendo uma região rural, onde ainda não tinha emergido qualquer centralidade dizendo que era uma “(...) *espécie de federação administrativa de aldeias, dispersas aqui, contiguas acolá, que mosqueiam de branco o verde intenso, mas monótono, da sua suave e amena paisagem (...)*” (Dionísio, 1964: 447-448).

Tal como desde o início do século a implantação da edificação fazia-se ao longo das vias principais que asseguravam a ligação aos espaços urbanos que ofereciam mão-de-obra mas nesta segunda metade do séc. XX associada à indústria têxtil e construção civil destacando-se os concelhos da Póvoa do Varzim e Porto. Relativamente à estrada que fazia a ligação entre o Porto e a Maia Dionísio (1964: 453) descreve-a do seguinte modo: “*A estrada do Porto para a Maia (a estrada velha e não a recente Via Norte) constitui, pode dizer-se, uma rua, desde a Ponte da Pedra até à sede do concelho. O casario, ao longo da sinuosa e longa rua suburbana (durante 3 km) é quase sempre modesto e comum (...)*”.

Nas últimas décadas do séc. XX foram instaladas na Maia áreas industriais e redes viárias que orientaram o crescimento do concelho tal como uma rede de transportes que cobre os principais eixos de circulação na AMP (Pacheco, 1992^a).

Coincidentemente é a partir do último quartel do séc. XX que se começaram a definir e implementar espaços de recreio e lazer no município refletindo na sua génese a ausência de um aglomerado central que, ao crescer e se densificar progressivamente, fosse introduzindo zonas verdes e arborização em resposta às necessidades de recreio das populações. No concelho da Maia, pelo facto da arborização e dos espaços verdes de recreio se terem implantado tardiamente, fez com que se distribuíssem por muitas freguesias sendo resultantes da recuperação de montes, quintas, largos, praças, terreiros e lavadouros que foram herdados da estrutura rural, tal como foram construídos parques e jardins nas últimas décadas do séc. XX.

De entre as várias intervenções de reabilitação, destacam-se as recuperações de quintas podendo-se indicar o Complexo Municipal da Casa do Alto (freguesia de Pedrouços) tendo-se feito a recuperação de uma antiga Casa de Lavoura, de finais do séc. XIX e que apresenta uma mata de sobreiros e de carvalhos; a Quinta da Gruta (freguesia do Castelo da Maia) que possui um palacete e jardins que remontam ao início do séc. XX construídos com base nas casas "brasileiras" do séc. XIX; e Quinta da Caverneira (freguesia de Águas Santas) que apresenta um espaço de mata com diversidade de espécies (Quinta da Gruta, s/d.; Portal do Ambiente e do Cidadão da Maia, s/d.).

Quanto aos novos espaços verdes que têm vindo a ser construídos no concelho podem-se destacar o Parque Urbano de Moutidos (freguesia de Águas Santas) pela mata que apresenta com diversidade de espécies, o Parque Central da Maia (freguesia Cidade da Maia) que foi implantado no centro da Maia sobre o antigo parque Municipal que continha um "núcleo florestal" de eucaliptos e alguns carvalhos, tendo também sido na freguesia da Cidade da Maia que se construiu o Parque Urbano do Novo Rumo numa área florestada com eucalipto, cedros, carvalhos e sobreiros. O Parque de Avioso – S. Pedro (freguesia de Castelo da Maia) é um dos maiores parques recentemente construídos no concelho (30 ha) tendo no seu interior a nascente da Ribeira de Avioso que juntamente com outras linhas de água forma a Ribeira de Arquinho, que pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Leça tal como matas com diversidade de espécies. O Parque Urbano dos Maninhos (freguesia de Cidade da Maia) desenvolve-se ao longo da margem esquerda da ribeira dos Mogos que é acompanhada de galeria ripícola de salgueiros de grande dimensão em conjunto com amieiros e freixos (Portal do Ambiente e do Cidadão da Maia, s/d.; Andresen *et al.*, 2009).

Também os montes, muitas vezes associados a capelas e locais de romaria foram integrados na estrutura verde da Maia tendo sido transformados em parques públicos de recreio. São exemplos: Monte Penedo na freguesia de Milheirós, Monte Caverneira na freguesia de Águas Santas, Monte de Santo António e Monte da Senhora da Hora na freguesia de Nogueira - Silva Escura, Monte de S. Miguel-O-Anjo na freguesia de S. Pedro de Fins, Monte de Santa Cruz na freguesia de Castelo da Maia e Monte de S. Gonçalo na freguesia de Folgosa. Ainda se terão de ressaltar que como locais de recreio e lazer utilizados há mais tempo pela população maiata são o rio Leça e a envolvente do Mosteiro de Leça (pertencente ao concelho de Matosinhos) e o parque e a Ermida de Santana (Portal do Ambiente e do Cidadão da Maia, s/d.; Andresen *et al.*, 2009).

O conjunto dos espaços verdes públicos planeados, projetados e construídos na Maia ao longo do séc. XX, permite entender que se trata de um concelho de centralidade recente, havendo parques e jardins por um elevado número de freguesias em resposta às necessidades de recreio de populações que habitam os diversos aglomerados. Também se entende que estas quintas, parques e jardins incorporam conceitos e princípios de preservação dos sistemas fundamentais da paisagem, nomeadamente manutenção das linhas de água e promoção da biodiversidade, acesso ao recreio e consideram a preservação dos valores culturais e patrimoniais o que implica por vezes que a localização dos espaços verdes seja determinada em função dos componentes que integram estes espaços.

No que diz respeito à arborização das estradas e acessos municipais e rurais que asseguravam as ligações entre aglomerados não se considera que fosse representativa. Quanto às Estradas Nacionais merecem mais atenção pois reconhecesse que as suas funções ultrapassavam as do mero “canal de circulação” tendo-se zonas de descanso, percursos rodoviários, percursos pedonais e espaços arborizados para oferecer sombra (J.A.E., 1987). No entanto dada a continua construção e densificação que se foi realizando nas últimas décadas do séc. XX ao longo das estradas da Maia a arborização foi sendo eliminada.

No que diz respeito aos arruamentos urbanos a arborização passou a ser considerada como um elemento fundamental do espaço urbano sendo introduzida quando da realização de novas intervenções ou em operações de requalificação urbana (Plano de Arborização do Concelho da Maia, 2005).

Gondomar até ao final do séc. XIX vai apresentar um território com características rurais tendo apenas alguns aglomerados como Fânzeres, Gondomar, Rio Tinto, S. Pedro da Cova e Valbom que apresentam maior densificação (Vázquez, 1993).

Com a construção no final do séc. XIX de linhas de caminho-de-ferro e início do séc. XX de elétrico os aglomerados urbanos, vão crescer no primeiro caso nas envolventes das estações e, no segundo, ao longo dos “corredores” e paragens por onde circulava o elétrico (Pacheco, 1992^a).

Não tendo os aglomerados urbanos um grande crescimento, as populações rurais continuam a ter relação com os campos e rios não sentindo necessidade de espaços públicos de receio e lazer, pelo que os espaços públicos utilizados pelas populações dos aglomerados dispersos são os que se encontram associados aos locais de romaria e visita dominical.

A sede do município é em 1898 demolida por não conseguir acolher todos os serviços e munícipes nas melhores condições tendo sido construída no mesmo local o novo edifício da Câmara Municipal em 1901 que ainda se encontra em funcionamento (Oliveira, 1983). Junto do edifício da Câmara Municipal foi construída uma praça arborizada (Figura 2.38) cuja data de construção não foi possível de determinar verificando-se em imagens das décadas de 50 ou 60 (Figura 2.37) ser a praça nesta altura um espaço consolidado e a arborização se encontrar desenvolvida.

Próximo da Câmara encontra-se um dos espaços arborizados do concelho mais representativos, o Monte Crasto. Corresponde a um parque de dimensão significativa, com conjunto arbóreo importante e miradouro sobre as cidades do Porto e Vila Nova de Gaia. Tendo sido um espaço doado à confraria de Santo Isidoro no séc. XVIII, desde logo passou a ser local de romaria e a ser usado como parque público. Esta confraria é responsável por um conjunto de remodelações ocorridas no parque em 1928 (Figura 2.39) nomeadamente a construção da nova Capela e gruta que dá acesso à esplanada e plantação de centenas de árvores e canteiros floridos. Posteriormente o Padre José Martins de Oliveira também foi responsável pela plantação de árvores exóticas, lago do lado poente e ponte e gruta de Camões (Oliveira, 1983).



Figura 2.37 Jardim localizado junto ao edifício da Câmara Municipal de Gondomar. Décadas de 40 e 60 do século XX. Fotos Guimarães (s/d.)
Fonte: Arquivo Municipal de Gondomar

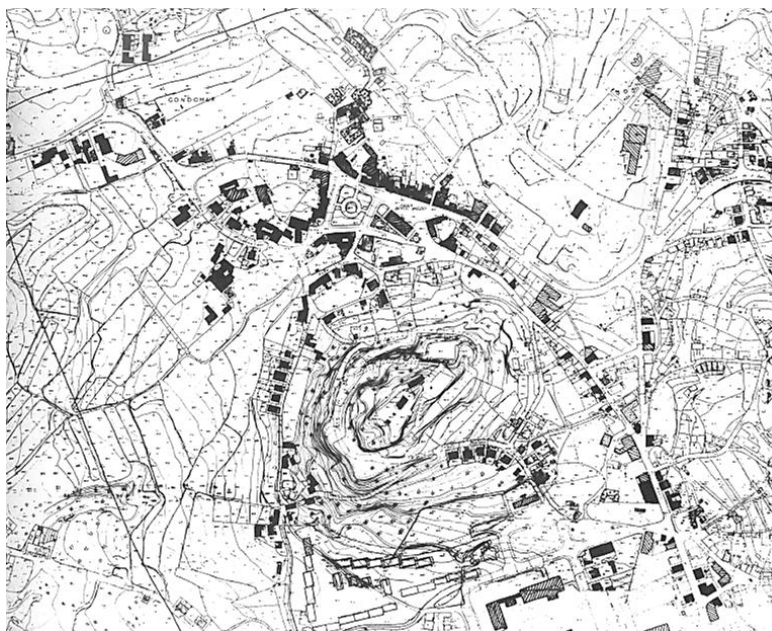


Figura 2.38 Detalhe de Carta com aglomerado urbano de Gondomar e Jardim localizado lateralmente ao edifício da Câmara Municipal. Década de 80.
Fonte Marques *et al.*, 1984

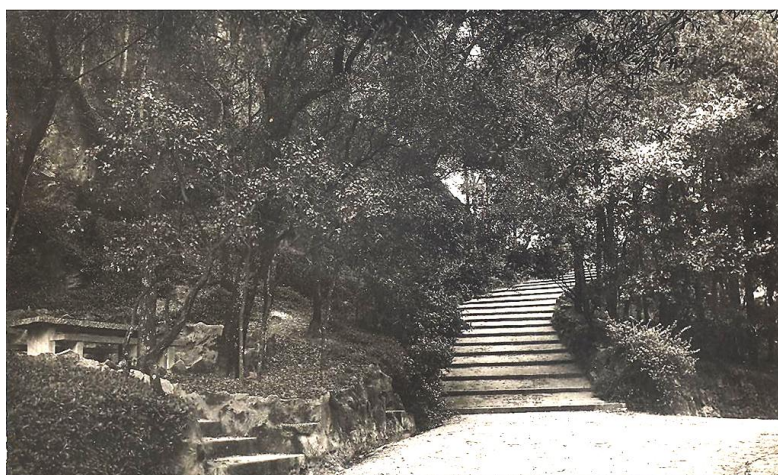


Figura 2.39 Imagens do Monte Castro
(s/d.) Esplanada, caminhos de acessos à
mata e gruta inserida entre acesso e
capela
Fonte Arquivo Municipal de Gondomar

São os transportes públicos fatores dinamizadores do crescimento demográfico e urbano de algumas localidades de Gondomar sendo Rio Tinto um exemplo. A linha de caminho-de-ferro chega a Rio Tinto em 1875 com a inauguração da linha do Minho, e no mesmo ano faz-se a inauguração da linha do Douro até Penafiel fazendo parte do tráfego ferroviário para a região norte iniciando-se um período de mudança (CP, s/d.). Em 1926 a freguesia de Rio Tinto era já um aglomerado importante onde se tinham instalado fábricas de tecidos, briquetes e álcool, pois havia o caminho-de-ferro que assegurava a chegada de matérias-primas e distribuição de mercadoria e o rio fornecia a água necessária. Era também na estação de Rio Tinto que se fazia o transporte de carvão que provinha das minas de S. Pedro da Cova, e se fazia a circulação de um elevado número de passageiros (Oliveira, 1983).

O Porto fica também acessível neste início do séc. XX, pois com a construção da linha de elétrico entre 1907 e 1913 até Venda Nova é possível a deslocação de pessoas quer ao centro quer às zonas industriais da cidade do Porto (Sousa e Alves, 2001). A feição rural de Rio Tinto alterou-se passando a população rural a trabalhar na indústria necessitando de espaços para os seus tempos de lazer. No entanto é só na década de 60 que a Câmara municipal de Gondomar vai adquirir a Quinta das Freiras (1965) para aí construir um parque público.

O atual Parque Urbano da Quinta das Freiras ocupa parte de uma antiga quinta que por sua vez ocupava uma pequena parte do antigo Mosteiro de S. Cristóvão de Rio Tinto fundado no séc. XI para freiras devotas de S. Bento (Oliveira, 1983).

Tendo sido adquirido o terreno na década de 60 só em 1972 foi encomendado um projeto para o Parque da Quinta das Freiras ao Engenheiro Agrónomo e Arquiteto Paisagista Duarte Nuno de Sottomayor com escritório em Lisboa. Duarte Sottomayor propõe a plantação de um elevado e diversificado número de plantas, implantação de espaços de merendas e coreto, mantém a linha de água e instala alameda e relvados mais naturalizados (Sottomayor, 1975). Este projeto não chega a ser construído sendo realizados outros projetos em 1983 e 1990, pelos Serviços da Câmara Municipal de Gondomar que propõem a recuperação do lago e alteração do circuito de manutenção e o processo de canalização do rio Tinto em 1990 (Câmara Municipal de Gondomar, 1983; 1990). Na década de 90 é lançado o concurso para o “Arranjo Urbanístico da Quinta das Freiras – Rio Tinto” tendo sido adjudicado o projeto ao gabinete AGPI – Arquitetura, Gestão e Promoção Imobiliária, Lda., com sede no Porto, que propõe instalações desportivas cobertas e descobertas, grande lago central, percursos, circuito de manutenção e zonas de estar, tendo sido parcialmente construído (AGPI, 1996).

Para além de Rio Tinto, outros aglomerados em Gondomar vão apresentar expansão urbana ao longo do século XX, como São Pedro da Cova dada a presença da indústria extrativa do carvão e a construção da linha de elétrico em 1918, e Quintã/Gondomar onde chega o elétrico em 1926 com a abertura de um ramal para Santa Eulália e Quintã (Sousa e Alves, 2001).

Em 1930 o elétrico já fazia ligações até Venda Nova, Santa Eulália-Fânzeres e S. Pedro da Cova verificando-se o avanço da mancha construída orientada por estes grandes “corredores” de saída do Porto. Os elétricos em alguns tramos são substituídos por linhas de troleicarros a partir de 1959 nomeadamente para S. Pedro da Cova e Alto da Serra (Pacheco, 1992^a).

Na década de 40, o município de Gondomar apenas usufrui de uma estrada nacional na margem direita do rio Douro permanecendo o seu interior, onde se localiza a sede do município, desprovido de eixos rodoviários com maior estatuto de ligação regional e sendo servido por rede de camionagem. Só mais tarde, por volta da década de 70 foram construídas estradas pelo concelho, nomeadamente para o centro de Gondomar e Marginais do Douro, sendo apenas na década de 80 e 90 que Gondomar vai conseguir obter um maior número de ligações, nomeadamente para o centro do município (Pacheco, 1992^a).

Dado o carácter rural do concelho praticamente não existiam alamedas e ruas arborizadas, fazendo-se apenas plantações nos locais mais nobres como sejam praça do município, adros de igreja e locais de feiras e romarias e, na estrada nacional (EN 108) localizada ao longo do rio Douro.

Estes espaços conjuntamente com o rio Douro vão ser os locais preferenciais de recreio da população. Apenas nas últimas décadas do séc. XX vão ser construídos parques que se destinam a uma população que foi abandonando o setor primário e se dedicando ao setor secundário e terciário necessitando de espaços verdes para passar os seus tempos de lazer destacando-se, Praia de Zebreiros, Parque de Merendas do Covelo, Parque de Lazer da Foz do Sousa, Praia Fluvial de Melres, Marina da Lixa e Praia de Atões ou Praia de Marecos (Andresen *et al.*, 2009). São espaços verdes que se encontram localizados junto de linhas de água, na continuidade do recreio que desde sempre as populações realizaram, tendo sido uns remodelados e outros construídos e tendo por preocupação para além do recreio aspetos relacionados com a conservação dos sistemas naturais mais relevantes.

Sendo as zonas verdes em Gondomar em número reduzido, não conseguem definir continuidades nem tipologias que permitam estabelecer relações com o edificado e estruturas de mobilidade. Pode-se dizer que na primeira metade do séc. XX o crescimento demográfico, económico e a expansão do transporte público com especial destaque para o elétrico e comboio levou ao crescimento urbano de Gondomar (Sousa e Alves, 2001; Pacheco, 1992^a).

Em conclusão e no que diz respeito à arborização na primeira metade do séc. XX o Porto mantém e remodela jardins e alamedas do séc. XIX e que se situam na sua zona mais consolidada e constrói jardins e arboriza as zonas em que se processa a expansão urbana resultado da industrialização, chegada do transporte público e valorização de zonas relacionadas com espaços de recreio balnear. Este modelo de implementação de espaços verdes públicos e de arborização verifica-se ser muito semelhante em Matosinhos e Leça da Palmeira. Um outro aspeto que se verifica ser semelhante nestes municípios prende-se com o facto de as populações ao deixarem de ter características associadas à ruralidade e passarem a estarem associadas ao proletariado industrial, burguesia (portuguesa e estrangeira) e intelectuais fomenta o aparecimento de espaços para o recreio e lazer.

A Maia e Gondomar mantendo-se concelhos mais rurais na primeira metade do séc. XX não vão praticamente construir espaços verdes, mantendo as populações como espaços de recreio os associados às tradicionais zonas de romaria, visitas a rios e matas naturalizadas.

Na segunda metade do séc. XX todos os concelhos vão sofrer processos de crescimento demográfico e urbanístico, industrialização, beneficiação dos acessos rodoviários e aumento da oferta do transporte público havendo também um maior número de espaços verdes que vão ser disponibilizados às populações. Estes espaços verdes não só se vão constituir como espaços de recreio como também revelam princípios associados à dimensão ecológica, cultural e patrimonial e necessidade de estabelecerem *verde continuum* (Ribeiro e Barão, 2006), pelo que em todos os municípios se verificou a construção, preservação e recuperação de espaços de valor patrimonial, zonas ecologicamente relevantes, espaços verdes de recreio e arborização em arruamentos.

No que diz respeito à arborização dos arruamentos, tratando-se de elementos lineares, podem constituir-se como elementos fundamentais na requalificação do espaço público e do sistema ecológico quando se consolidam como eixos lineares de verde urbano que atravessam grandes extensões do espaço urbano e fazem a articulação com outras tipologias de espaço verde. No Porto, e nos seus concelhos limítrofes a norte, a arborização

em arruamento continua a ser uma tipologia que se encontra pouco presente não conseguindo definir continuidade nem articulação na estrutura ecológica.

2.6.3.5 A arborização no séc. XXI no Porto, Matosinhos Maia e Gondomar

Em relação às ações de arborização que foram realizadas ao longo do séc. XXI e apesar de se estar ainda no primeiro quartel do século constata-se que o Porto, Matosinhos, Maia e Gondomar procederam a um conjunto de intervenções (arborização de arruamentos, construção de parques e jardins, praças, etc.) nos seus concelhos resultantes de intervenção e investimento público e de promoção local ou nacional.

Na primeira década foram realizadas intervenções que tiveram por base programas apoiados por entidades locais e, ou, nacional que permitiram desenvolver ações de requalificação urbana e ambiental e que foram o Porto 2001 – Porto Capital Europeia da Cultura; Euro 2004 - Campeonato Europeu de Futebol 2004 (UEFA Euro 2004); Programa Pólis – Programa Nacional de Requalificação Urbana e Valorização Ambiental das Cidades e Metro do Porto.

Será sobre estes projetos que nos iremos debruçar por serem os que apresentam grande escala de intervenção, diversidade de soluções sobre diferentes tipologias de espaços urbanos, inserirem-se em corredores verdes multifuncionais e, por vezes, se encontrarem associados a sistemas de transportes e circulação pedonal.

A Sociedade Porto 2001 S. A., constituída em 1998 tinha por principal função assegurar a realização do Porto 2001 - Porto Capital Europeia da Cultura 2001, e por funções complementares a requalificação urbana e ambiental tendo também ficado incumbida de fazer o acompanhamento do Programa Polis do Porto que abrangia as avenidas Montevideu e Brasil e marginal do Parque da Cidade (Tribunal de Contas, 2004).

As transformações realizadas nas avenidas Montevideu e Brasil permitiram fazer a ligação ao Parque da Cidade do Porto e à avenida Atlântica (Matosinhos). As circulações pedonais estabelecidas em diferentes cotas asseguraram a ligação ao passeio público fluvial do Porto e marítimo de Matosinhos, tal como foi possível aumentar a arborização na zona do Parque da Cidade. No que diz respeito às intervenções realizadas nos jardins das

avenidas Montevideu e Brasil procedeu-se à alteração dos traçados originais tendo-se apenas mantido os metrosideros, árvores de maior porte e quase centenárias tendo-se praticamente retirando os estratos arbustivos e subarbustivos.

No âmbito da requalificação urbana e ambiental a Sociedade Porto 2001 realizou outras intervenções que se localizaram essencialmente na cidade histórica (Tribunal de Contas, 2004). Por essa razão algumas das intervenções recaíram sobre espaços que já se encontravam arborizados sendo exemplo o Jardim da Cordoaria. Também as praças e arruamentos envolventes sofreram intervenção (praça da Relação, campo dos Mártires da Pátria, praça de Parada Leitão, rua das Carmelitas, rua de S. Bento da Vitória, largo do Olival, rua de S. Filipe de Nery, rua do Dr. Ferreira da Silva, rua dos Clérigos, travessa de S. Bento da Vitória, rua da Assunção e rua das Taipas) não tendo sido praticamente implantada arborização nestes espaços públicos para além da que já existia anteriormente e tendo-se perdido algumas das superfícies permeáveis que existiam em espaços verdes de enquadramento.

A praça Infante D. Henrique foi integrada nas obras empreendidas pela Sociedade Porto 2001, tendo sido construído um parque de estacionamento subterrâneo sob a praça com consequentes alterações na superfície ajardinada da praça no que diz respeito à forma e plantações perdendo-se o traçado inicial.

A praça da Batalha, um espaço público emblemático da cidade por ser um dos principais acessos de saída e entrada na cidade até ao séc. XIX e posteriormente pelos edifícios de carácter cultural que aí foram instalados ao longo do séc. XX (Teatro de S. João e Cinema da Batalha), também foram intervencionadas conjuntamente com a rua de Sá da Bandeira, rua Fernandes Tomás, rua da Formosa, rua Dr. Magalhães de Lemos. Nesta intervenção a arborização é reorganizada em relação à que existia desde o séc. XIX não se tendo acrescentado espaços ou árvores em número substancial nesta intervenção. Ainda no âmbito das obras de requalificação urbana da baixa portuense sob orientação da Sociedade Porto 2001 encontram-se as ruas Galeria de Paris, Cândido dos Reis, Conde de Vizela, Almada (para Note), Santa Teresa, Fábrica, 31 de Janeiro, Santo Ildefonso, Passos Manuel, Sá da Bandeira, Fernandes Tomás, Formosa, Dr. Magalhães de Lemos, Augusto Rosa, Saraiva de Carvalho, Portas do Sol, parte da Saraiva de Carvalho e praça da Batalha, largo de Santo Ildefonso, largo da Igreja dos Alfaiates, largo 1º de Dezembro, escadas do Codeçal, travessa de Santa Clara e Igreja Nossa Srª da Conceição, tendo-se introduzido arborização em caldeira, contribuindo para o aumento e presença da árvore no centro da cidade do Porto utilizando-se várias espécies, podendo-se dar como exemplos, bordos prateados, bordo comum e ginkgo bilobas (Figura 2.40).



Figura 2.40 Arborização na Rua Sá da Bandeira e na praça da Batalha (2014)
Fonte: Autor

Para a realização do Campeonato Europeu de Futebol 2004 (UEFA Euro 2004) em Portugal foram intervencionados e construídos vários espaços públicos. No Porto, quando da construção do estádio do Dragão foram abertas novas vias de acesso particularizando-se a via Futebol Clube do Porto, vulgarmente conhecida pela alameda das Antas, cuja construção se fez no âmbito do Plano de Pormenor das Antas inserido no Euro 2004, plano que incluía a construção do novo estádio de futebol, a urbanização dos terrenos envolventes e a implantação de dois parques urbanos. O Plano desenvolve uma estrutura urbana que se fundamentava em sistemas de mobilidade *“A estrutura urbana do plano assentou em três sistemas: uma alameda, que dá continuidade à Av. dos Combatentes e ‘amarra’ a zona consolidada da cidade (poente) à zona mais degradada (nascente), permitindo a ligação às grandes acessibilidades; um anel urbano em volta do novo estádio onde seriam construídos edifícios destinados a habitação, comércio e serviços; uma via ligando os bairros de S. Roque da Lameira e de Contumil, passando em viaduto sobre a nova alameda.”* (Salgado et al., 2003). Paralelamente a estes sistemas apoiavam-se dois parques urbanos propondo-se a ampliação do Parque de S. Roque e a construção do Parque Urbano das Antas (parcialmente sob o viaduto da Via Circular Interna - VCI). Deste plano apenas resultou os acessos ao estádio (alameda das Antas) que se constitui como uma via com arborização no separador e nos passeios em caldeiras sendo utilizada como espaço de recreio e lazer pela população.

Em Matosinhos, o Programa Polis tinha por objetivo fazer uma intervenção integrada de reordenamento da orla costeira e requalificação urbana que visasse a melhoria da qualidade do ambiente urbano e valorizasse a presença dos elementos ambientais presentes. O Polis integrava a Reconversão da faixa marginal de Matosinhos-Sul; Extensão da reconversão para sul, incluindo a praça da Cidade do Salvador; Extensão da reconversão para norte, incluindo a área envolvente ao monumento do Senhor do Padrão; Criação de um

parque de estacionamento subterrâneo sob a avenida General Norton de Matos e a Integração urbano-paisagística da fábrica (MAOT, 2002).

A requalificação urbana da marginal marítima de Matosinhos no chamado *Passeio Atlântico* desenvolveu uma grande área multifuncional destinada ao peão, faixa de circulação viária com carril para elétrico e uma faixa arborizada que faz a transição para os edifícios. A arborização para além de definir uma cintura verde que acentua a transição entre o edificado e o mar pretende assegurar a ligação entre o Jardim do Sr. do Padrão e o Parque da Cidade do Porto na perspetiva do verde contínuo integrando o transporte público (Figura 2.41). Uma das estações do Metro do Porto (Matosinhos Sul) também assegura a ligação a esta marginal entendida como eixo de recreio e lazer da marginal Porto/Matosinhos. O passeio público poente não apresenta arborização.



Figura 2.41 Passeio Atlântico com arborização a acompanhar passeio nascente; Ligação da Marginal marítima com a frente do Parque da Cidade (2013)
Fonte: Autor

Gondomar também teve um Programa Polis que se inseriu num Plano Estratégico que foi realizado para a margem ribeirinha de Gondomar que tinha por objetivo controlar o crescimento urbano e requalificar e valorizar a faixa ribeirinha do Douro salvaguardando as suas características ambientais (Despacho nº 6047/2006). A intervenção com cerca de 35km de extensão assegura a ligação à marginal ribeirinha do Porto de modo contínuo através da criação de um passeio marginal e de vias velocipédicas, a par do aproveitamento das condições naturais e paisagísticas e da valorização do património natural e construído. Também se considera a beneficiação da EN 108 considerando ser um dos limites de intervenção onde se pode melhorar a circulação pedonal e fazer a inserção de vias velocipédicas. Os restantes limites de intervenção são dados pelo rio Douro, a poente a marina do Freixo e a nascente o Areio de Atães. Inclui áreas diversificadas num princípio de valorização de corredores verdes tendo contribuído para a arborização da margem do rio Douro (Figura 2.42) (Câmara Municipal de Gondomar, s/d.).



Figura 2.42 Marginal fluvial do Douro em Gondomar (2014)
Fonte: Autor

O Metro instalou-se na AMP em 7 concelhos desde 2003 num sistema misto de superfície e subterrâneo. Sendo um meio de transporte que necessita de condições específicas para circulação a sua implantação obriga a ações de planeamento o que implicou a requalificação do espaço público ao longo do “corredor” de circulação em vários concelhos da AMP. Inserido nos projetos de requalificação urbana fez-se a plantação de um elevado número de árvores.

Dado o capítulo 4 se dedicar à mobilidade, plantações e evolução do Metro na AMP não nos iremos debruçar significativamente sobre a influência do Metro na arborização mas teremos de referir as principais alterações que se fizeram na arborização. No concelho do Porto e apesar do Metro apresentar extensão significativa em sistema subterrâneo verificaram-se alterações na arborização pela necessidade de reformulação de acessos pedonais e rodoviários, saídas, implantação de estações, túneis, ventilações e estacionamento, destacando-se as intervenções realizadas na alameda das Fontainhas, campo 24 de Agosto, praças Carlos Alberto, Infante D. Henrique e Marquês de Pombal, rotunda da Boavista e avenida dos Aliados onde os traçados das zonas verdes e, ou, arborização foram alterados. Ao interferir com praças e jardins que foram construídos no séc. XIX e que “(...) *ainda hoje são marcos referenciais da cidade*” (Andresen e Marques, 2001:136) o metro acabou por alterar os traçados, reduzir áreas verdes, levar ao abate e, ou, transplante de árvores e alterar composição florística dos espaços num saldo que se traduz numa perda da arborização consolidada e de grande porte.

No concelho de Matosinhos a linha de metro utilizou parte da antiga linha ferroviária Porto-Póvoa, Sr^a da Hora-Leixões e fez a requalificação dos eixos rodoviários e pedonais para a instalação do “corredor” do metro do Porto (capítulo 4) levando à implantação da arborização em diferentes situações (arruamentos, estacionamento, largos, “via” do metro,

jardins, espaços verdes de enquadramento). A implantação do metro neste concelho fez-se em espaços urbanos consolidados e em espaços urbanos fragmentados. No entanto, dado se estar perante um concelho com grande número e densidade de habitantes que desenvolve atividades relacionadas com o sector secundário e terciário, apresentando a população carácter urbano, e atendendo-se à necessidade de entender as áreas por onde circula o metro como espaços multifuncionais, levou a que as propostas de arborização atendessem a critérios de continuidade ao longo da linha de metro do Porto e de conectividade com os espaços verdes envolventes de diferentes tipologias.

Na Maia foram implantadas três linhas de Metro sendo que se fez o aproveitamento parcial da linha da Póvoa, a requalificação dos eixos rodoviários e pedonais e a implantação de novos “corredores” de circulação para o transporte público, rodoviário e pedonal. Em todas as situações, quer seja em zonas urbanas consolidadas ou em zonas urbanas fragmentadas, utilizaram-se espaços públicos pré-existentes ou implantaram-se novos espaços públicos com arborização em situações e com princípios semelhantes às realizadas para Matosinhos contribuído para o aumento da arborização e de espaços públicos no concelho (Figura 2.43).



Figura 2.43 Metro do Porto no centro da Maia em situação de grande proximidade a espaços arborizados (2014)
Fonte: Autor

Em Gondomar foi instalada uma linha de metro que requalifica eixos rodoviários e pedonais e cria novos “corredores” de circulação para transporte público, rodoviário e pedonal. Dada a reduzida expressão que a arborização urbana apresenta em Gondomar o metro constituiu-se como uma infraestrutura que contribuiu com um elevado número de árvores que se encontra devidamente articulada com as diferentes tipologias de espaços públicos.

O crescimento urbano na AMP não se realizou de modo concentrado em redor de um núcleo urbano ou alguns núcleos urbanos mas ao longo das principais vias de circulação, transportes (principalmente comboio e elétrico) e polos associados ao setor secundário (zonas industriais) e terciário (polos educativos) e zonas de recreio e lazer (praias) refletindo-se este tipo de crescimento no desenho das linhas do metro que se expandem sobre vários concelhos de modo a acompanhar espaços urbanos consolidados e fragmentados numa relação mista de captura de utentes onde já existem e na definição de corredores que vão promover a instalação de novos utentes.

Pode-se dizer que na primeira década do séc. XXI foram implementados com apoios nacional/local projetos de grande dimensão que visavam a requalificação ambiental e urbanística e que incidiram sobre marginais fluviais e marítimas arborizadas, estabelecimento de ligações com parques urbanos existentes (Parque da cidade do Porto e Parque Oriental da Cidade), aumento da arborização em centros urbanos e definição de novas abordagens de mobilidade associadas a eixos arborizados lineares em urbano consolidado e urbano fragmentado.

Independentemente da tipologia de espaço urbano e do tipo de intervenção realizada, a arborização que se tem vindo a implementar nos vários concelhos no séc. XXI pretende assegurar ou contribuir para o *continuum naturale*, promovendo o estabelecimento de corredores verdes e a conectividade com outros espaços verdes e contemplar funções ecológicas, sociais e recreativas verificando-se cuidado na relação a estabelecer com a mobilidade.

CAPITULO 3. A ÁRVORE NO ESPAÇO URBANO

A arborização assume cada vez maior significado na valorização ambiental e estética dos espaços urbanos, sendo influenciada pelos fatores que estão presentes nestes espaços pelo que a maior ou menor tolerância e capacidade de sobrevivência das árvores a esses fatores determinam os seus comportamentos quanto a instalação, viabilidade e perenidade. São muitos os fatores que interferem positiva ou negativamente na instalação e crescimento das árvores podendo ser de natureza mecânica ou química, e atuar direta ou indiretamente, pelo que o seu estudo se revela difícil e obriga ao permanente relacionamento dos vários fatores e ações que podem estar presentes. Esta interferência do espaço urbano implica em muitas situações que o período de vida médio das árvores seja inferior ao que se verifica nos espaços naturais e rurais, levando em muitas circunstâncias à morte precoce das árvores, verificando-se taxas de mortalidade elevadas em fases de instalação.

Podem ser encontrados nos espaços urbanos fatores que vão inibir a instalação e crescimento da árvore ou serem desenvolvidas ações que vão assegurar o crescimento da árvore em boas condições ao longo do ano e dos anos. São muitas as situações em que as próprias árvores contribuem para a melhoria das condições presentes no espaço urbano mas, quando atingidos determinados níveis, tornam-se condicionadores do seu crescimento. Sendo os crescimentos de um determinado ano muito dependentes das reservas armazenadas no ano anterior, os danos ou lesões produzidos num determinado ano podem afetar quantitativamente o crescimento do ano subsequente. Assim, numa árvore com problemas de crescimento num determinado ano por causa de algum stresse é expectável que o crescimento seja inferior no próximo ano podendo a árvore demorar vários anos até que o seu sistema radicular seja devidamente restabelecido. O entendimento dos fatores presentes no espaço urbano e processos que desencadeiam na árvore são importantes para que se possa planejar, projetar, gerir e manter melhor a arborização urbana (Bradshaw *et al.*, 1995).

3.1 COMPORTAMENTO DA ÁRVORE NO ESPAÇO URBANO

3.1.1 Expectativa de vida da árvore no espaço urbano

Plantar árvores em espaço urbano implica instalar seres vivos em ambientes com características próprias pelo que implica projetar, gerir e manter árvores tendo em consideração os comportamentos próprios da arborização face às condicionantes presentes nesses espaços.

Clark e Kjelgren (1990) e Gilbertson e Bradshaw (1990) consideram que a idade média de vida para a arborização urbana é relativamente curta. Verifica-se que a expectativa de vida média das árvores em espaço urbano é inferior à que geralmente ocorre em espaços naturais ou rurais. Estudos realizados por Gilbertson e Bradshaw (1990) e Iakovoglou *et al.* (2002) permitiram avaliar que a idade média de vida das árvores varia em função da dimensão dos espaços urbanos tendo-se verificado haver árvores mais jovens nas grandes cidades, e árvores mais antigas nas cidades pequenas. A razão de existirem árvores jovens nas grandes cidades deve-se ao facto de estas se encontrarem em permanente expansão havendo plantações, e frequentes obras de requalificação urbana que provocam cortes de raízes e troncos que as debilitam levando à sua replantação. Nas cidades mais pequenas, não se fazendo plantações de novas árvores e intervenções urbanas de modo frequente, permite que as árvores existentes sejam menos perturbadas podendo desenvolver-se em melhores condições.

Também se torna relevante avaliar se em diferentes tipologias de uso do solo as árvores apresentam diferentes idades médias de vida. Estudos realizados por Iakovoglou *et al.* (2002) em cidades dos Estados Unidos verificaram que a idade das árvores que se encontravam em áreas comerciais estava compreendida entre 9 e 69 anos.

Arnold (1993) refere estudos realizados nos Estados Unidos pela " American Forestry Association" em 1989 que apresentam tempos médios de vida para as árvores situadas em arruamento de várias cidades americanas e em diferentes tipologias de uso constatando-se que o período de vida das árvores de arruamento situadas no centro era de 7 anos, nas avenidas 32 anos, nas áreas residenciais 60 anos e em espaços rurais 150 anos, significando que as árvores de arruamento dos centros urbanos não chegam a adquirir em muitas das situações o seu estado de maturidade. Foster e Blaine (1978) fazendo estudos para Boston confirmam os valores apresentados tendo encontrado para as ruas de Boston uma expectativa média de vida para as árvores idades inferiores a 10 anos.

No que diz respeito à idade média de vida das árvores em espaços urbanos europeus Balder *et al.* (*cit. in* Pauleit *et al.*, 2002) estimaram que a expectativa de vida atual de árvores de arruamento na cidade de Berlim era de cerca de 60 anos.

Analisando os valores apresentados pelos vários autores sobre a longevidade das árvores no espaço urbano pode-se dizer que a expectativa de vida média das árvores em espaço urbano poderá abranger um intervalo de 40 a 60 anos, podendo ser reduzida quando plantadas em zonas centrais e comerciais o que justifica a atenção que deve ser dada às condições de crescimento.

3.1.2 Mortalidade de árvores jovens em espaço urbano

Se a expectativa de vida das árvores em espaço urbano é apenas de cerca de 60 anos certamente deve-se ao facto de muitos dos fatores presentes em espaço urbano interferirem na instalação e crescimento das árvores levando à debilidade das árvores que quando perante situações graves leva à morte.

As taxas de mortalidade da arborização urbana interferem na capacidade de instalação de um corredor verde pois se permanentemente se tiverem que substituir árvores estas não atingem o seu estado de maturidade não se alcançando os objetivos pretendidos. No entanto, para que se possam avaliar taxas de mortalidade ter-se-á que atender ao período de instalação que as árvores observam em espaço urbano pois, nos primeiros anos, a necessidade de adaptação às condições do local, enraizamento e práticas de manutenção

e vandalismo obrigam a interpretar a sobrevivência das árvores de modo distinto da que é apresentada por árvores já instaladas e adaptadas às condições do local. Tendo em consideração estes aspetos, Jerry Bond (2005) classificou taxas de mortalidade anual para a arborização em função do período de instalação e pós-instalação e taxa de sobrevivência cumulativa cujos valores se encontram indicados no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 Taxas de sobrevivência acumuladas para a arborização

Taxa de sobrevivência acumulada projetada após 30 anos da plantação				
Taxa de mortalidade anual no período de instalação (aproximadamente 1-4 anos após a plantação)		Taxa de mortalidade anual no período pós-instalação (aproximadamente 4-30 anos após a plantação)		Taxa de sobrevivência cumulativa (arredondado para o múltiplo mais próximo de 5)
Elevado	7-9%	Elevado	2%	40%
		Médio	1%	55%
		Baixo	0,5	65%
Médio	5-7%	Elevado	2%	45%
		Médio	1%	60%
		Baixo	0,5	70%
Baixo	3-5%	Elevado	2%	50%
		Médio	1%	65%
		Baixo	0,5	75%

Adaptado de Bond, 2005

De acordo com Bond (2005), os primeiros anos de pós-plantação são os que implicam maiores taxas de mortalidade pela necessidade de adaptação da árvore às condições existentes no local pelo que se considerou o período de instalação correspondente aos primeiros 4 anos e onde se admite a morte de um maior número de árvores. O autor considera serem principais causas da mortalidade no período de instalação: stresse hídrico (quer seja por défice quer por excesso); incorreta posição da plantação (excessivamente enterrada ou excessivamente alta – agentes responsáveis pela plantação); danos físicos (mecânicos e físicos em ação de manutenção ou vandalismo); problemas de stresse associados a feridas e cancro; clima, solo e local da plantação (arruamentos, jardim, instituições). A componente humana – práticas de manutenção e atos de vandalismo - tem grande peso na taxa de mortalidade das árvores jovens.

Para o período pós-instalação, as principais causas atribuídas para a mortalidade por Bond (2005), são: clima; seleção da espécie não adaptada ao local; má qualidade dos lotes de árvores fornecidas; insuficiente fiscalização e formação profissional quando da plantação; frequentes situações de stresse elevado; e o não envolvimento da comunidade.

A taxa de mortalidade na fase de instalação implica uma maior ou menor reposição de árvores, a existência de plantas armazenadas para reposição e a efetiva construção das paisagens urbanas que foram planeadas e projetadas. Se a arborização não se instalar ou não se efetuar de modo mais ou menos homogêneo as paisagens urbanas não podem apresentar a legibilidade pretendida e dificilmente podem cumprir as funções e usos para os quais foram projetadas (Figuras 3.1 e 3.2).

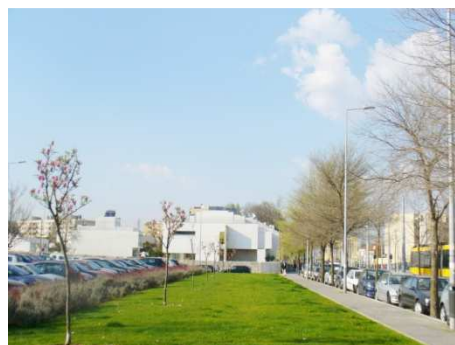


Figura 3.1 Espaços urbanos arborizados com elevadas taxas de mortalidade: Matosinhos - avenida Calouste Gulbenkian e avenida Fabril do Norte junto da estação da Senhora da Hora (2012 e 2011)
Fonte: Autor



Figura 3.2 Espaços urbanos arborizados com baixas taxas de mortalidade: Matosinhos - Avenida Fabril do Norte junto da rua de Santa Joana e Maia - avenida do Aeroporto (2013)
Fonte: Autor

Dados obtidos por Nowak *et al.* (2004) em várias cidades americanas demonstram que as taxas de mortalidade em árvores recém-plantadas são elevadas. Em Boston, a mortalidade anual para as árvores de arruamento num período superior a 10 anos foi de 9% (valor médio) sendo as taxas de mortalidade para árvores recém-plantadas, muito variáveis com intervalos de 3% a 38% dependendo dos empreiteiros que executaram a plantação. Em Oakland, Califórnia, a taxa de mortalidade média anual para árvores recentemente plantadas em arruamento foi de 19% durante um período de dois anos e, em Baltimore, Maryland, também para árvores jovens e num período de 2 anos (1999-2001) a taxa anual média de mortalidade foi de 6,6%. Lu *et al.* (2010) para árvores de arruamento em Nova Iorque obteve 26,2% de mortalidade num período de 8 a 9 anos após a plantação.

Relativamente a estudos realizados na Europa, o programa COST Action E12 sobre a *Urban forests and trees* envolveu 17 países e 100 cidades (1999 - 2001), tendo-se verificado que em todos os países as taxas de reposição são significativamente superiores nos arruamentos que comparativamente aos parques. Na Dinamarca, nos 10 primeiros anos, a taxa de substituição das árvores recém-plantadas durante a fase de estabelecimento era para os arruamentos de 22% e para os parques de 8%. Na Finlândia, dados para os primeiros 2 anos na fase de instalação eram para os arruamentos de 10% e para os parques de 7%. Em todos os países, a taxa de reposição de árvores é maior em ruas do que em parques. As plantações de árvores para em ruas fazem-se com árvores de 20-30 cm de perímetro à altura do peito (pap) havendo no entanto alguns países que utilizam plantas de menores dimensões podendo ser inferiores a 12cm de pap (Pauleit *et al.*, 2002).

Para Bradshaw *et al.* (1995) e de acordo com a maioria das estimativas, aproximadamente 10% das árvores morrem no seu primeiro ano de plantação havendo, no entanto, indicadores de que a taxa de mortalidade pode também ser elevada no segundo ano após a plantação, tendo picos de mortalidade na primavera e no outono. Ainda poderá haver um pico de mortalidade no terceiro outono o que se deve essencialmente aos efeitos da seca do verão.

Tendo-se verificado a relação entre as taxas de mortalidade e o período de pós-plantação torna-se necessário observar se existe relação entre as taxas de mortalidade e os usos do solo.

O Quadro 3.2 apresenta uma síntese de revisão bibliográfica onde se apresentam taxas de mortalidade observadas por diferentes autores em usos do solo urbano distintos.

No geral verificam-se elevadas taxas de mortalidade nas árvores que se situam nos arruamentos sendo apontadas como principais causas as condições do espaço e as intrínsecas à própria árvore. No que diz respeito às condições da própria árvore, destacam-se como principais fatores: tamanho, idade e condições em que se encontrava a árvore quando da plantação. Quanto às que dizem respeito ao espaço elencam-se como principais: dimensão da área metropolitana/urbana, défice hídrico, deficiência em nutrientes, vandalismo, compactação do solo, lesões por ação mecânica, uso do solo, estrato socioeconómico, participação da comunidade e a manutenção (Nowak *et al.*, 1990; Bradshaw *et al.*, 1995; Lawrence *et al.*, 2012).

Quadro 3.2 Taxas de mortalidade de árvores jovens em espaços urbanos com diferentes tipos de uso

Estudos	Tipologia	Taxas anuais de mortalidade	Período do estudo	Localização
Estados Unidos e Canadá				
Sklar e Ames, 1985	Arruamento	7,0%	6 anos	Oakland CA
	Arruamento	20,0%		
Nowak <i>et al.</i> , 1990	Arruamento	19,0%	2 anos	Oakland CA
Miller e Miller, 1991	Arruamento	6,0%	4 anos	Wisconsin
Ip, 1996	Espaços mistos	7,0%	3 anos	Northwest Canada
White, 2001	Arruamento	3,0%	4 anos	Cleveland OH
Smud, 2004	Quarteirão	11,0%	9 anos	Sacramento CA
Nowak <i>et al.</i> , 2004	Espaços mistos	9,0%	2 anos	Baltimore MD
Thompson <i>et al.</i> , 2004	Espaços mistos	6,0%	4 anos	Iowa
Lu <i>et al.</i> , 2010	Arruamento	26,2%	9 anos	Nova Iorque
Europa				
Gilbertson e Bradshaw, 1990	Arruamento	8,0%	3 anos	Liverpool Inglaterra
COST Action E12 (Pauleit <i>et al.</i> , 2002)	Arruamentos	22,0%	10 anos	Dinamarca
	Parques	8,0%		várias cidades
	Arruamentos	10,0%	2 anos	Finlândia
	Parques	7,0%		várias cidades
Portugal				
Santos, <i>et al.</i> 2005		28,3%	1º semestre	Vila Nova de Paiva Viseu Portugal

Fonte: Pauleit *et al.*, 2002; Bond, 2005; Santos, *et al.* 2005; Lu *et al.*, 2010

As árvores situadas em zonas residenciais de elevada densidade e em espaços verdes urbanos apresentam taxas de mortalidade significativamente mais altas do que as árvores situadas em zonas residenciais menos densas ou em espaços de enquadramento a vias (Nowak *et al.*, 2004).

Gilbertson e Bradshaw (1990) observaram em estudos realizados no Norte de Inglaterra que a mortalidade em árvores recém-plantadas foi geralmente maior em áreas metropolitanas de grande dimensão do que em cidades, tendo-se atribuído as prováveis diferenças de valores às características específicas do local em que se inserem, vandalismo e práticas e técnicas de plantação e manutenção. Também determinaram como causas mais frequentes de mortalidade das árvores recém-plantadas o stresse em água e nutrientes (56%), seguido por vandalismo (18%), enforcamento por cintas ou atilhos (12%), compactação do solo (9%) e técnicas impróprias de tutoramento e amarração (5%).

Iakovoglou *et al.* (2002) também associam maiores taxas de mortalidade de árvores jovens nas grandes cidades ao facto de se fazerem plantações frequentes de árvores jovens quando da realização de ações de reabilitação urbana ou de expansão dos espaços urbanos. Nowak *et al.* (1990) verificaram que árvores plantadas por empreiteiros diferentes apresentam diferentes taxas de sobrevivência e que, quando são plantadas com o acompanhamento e participação das populações locais, apresentam maiores taxas de sobrevivência.

Em Portugal, inserido no trabalho de transplante de árvores no Parque Botânico Arbutus do Demo em Vila Nova de Paiva, em Abril de 2004, foram realizadas medições em Julho e Agosto (avaliação do primeiro semestre após transplantes), verificando-se uma taxa de mortalidade média de 28,3% para os transplantes tendo as árvores alturas muito variáveis desde 21,30m até 1,0m e inferior e pap também muito variáveis sendo o maior 46 cm e o inferior, 1cm. Os autores atribuem como principais fatores responsáveis pela mortalidade o stresse provocado pela falta de água, a falta de podas aéreas que provocaram o emurchecimento com posterior aparecimento de necroses nas folhas jovens, o tipo de solo e as condições de plantação (tempo excessivo entre o arranque e a plantação), feridas no tronco, má fixação da árvore levando à queda da árvore pelos ventos e as geadas tardias (Santos, *et al.*, 2005).

Um outro estudo realizado em Portugal com um elevado número de plantas jovens decorreu nas plantações experimentais da Exposição Internacional de Lisboa de 1998 (EXPO'98), sobre 1013 árvores e 182 espécies tendo por objetivo testar a evolução da sobrevivência das árvores e a sua resistência ao transplante (Castel-Branco, 1995). As árvores foram plantadas em 1995 tendo-se procedido a dois períodos de avaliação (Abril de 1995 - plantação - a Maio de 1996 e Abril de 1995 a Fevereiro de 1998). Na primeira avaliação verificou-se que a mortalidade era maior correspondendo ao período de Verão, mesmo tendo as árvores rede de rega (Castel-Branco, 1998).

Tratando-se de uma área de grandes dimensões (330ha) com tipologias de espaços verdes distintas tornava-se importante definir atempadamente as espécies, número, e tamanhos das árvores a plantar. Um dos aspetos a considerar tratando-se do recinto da EXPO'98 era que as árvores produzissem um efeito mais ou menos rápido. Sendo assim, no Plano de Arborização que se desenvolveu para a EXPO'98 em 1994 foram definidos os seguintes critérios no que diz respeito aos tamanhos das árvores a adquirir: para a área do recinto da EXPO'98 e para a área de urbanização nos seus eixos e entradas na EXPO'98

pretendia-se maior efeito na arborização e em prazos mais curtos tendo-se selecionado árvores com alturas de 4-5m em média, admitindo-se em situações pontuais 7m. Quando se tratasse de árvores pertencentes ao grupo das de crescimento rápido³ poder-se-ia considerar alturas de 4,0m à plantação pois após dois períodos vegetativos poder-se-ia ter em 1998 árvores com 7m de altura. Para as zonas a urbanizar não diretamente articuladas com a EXPO'98 admitiam-se portes de árvores na ordem dos 2 a 3 m e para o Parque do Tejo e do Trancão dada a extensa área e as condicionantes do local (clima e solos) a maioria das árvores poderia ser plantada com carácter de florestação, ou seja com 1,0m com algumas exceções a aplicar em projetos que deveriam apresentar efeitos rápidos (Castel-Branco, 1995).

Os resultados que se apresentam relativamente à boa capacidade de adaptação das árvores na EXPO'98 resultam de avaliações sobre árvores jovens transplantadas de viveiros de várias proveniências e, sobretudo, com alturas superiores a 4,0m. Os valores médios obtidos indicam como árvores com melhor capacidade de adaptação ao local: *Aesculus hippocastanum*, *Betula celtiberica*, *Catalpa bignonioides*, *Cedrus deodara*, *Cedrus libani*, *Cupressus sempervirens*, *Ginkgo biloba*, *Morus nigra*, *Phoenix canariensis*, *Phoenix dactilifera*, *Pinus pinea*, *Pinus halepensis*, *Trachycarpus fortunei*, *Celtis australis*, *Cercis siliquastrum*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus x canescens*, *Albizia julibrissin*, *Brachychiton pulpuneum*, *Quercus palustris*, *Quercus rubra*, *Sorbus torminalis*, *Ficus elastica* e *Ficus macrophylla* (Castel-Branco, 1998; Almeida, 2006).

No que diz respeito à relação possível de estabelecer entre as características dendrométricas da árvore quando da plantação e sua mortalidade, Nowak *et al.* (2004) através de estudos efetuados em Syracuse, Nova Iorque e Baltimore obtiveram os dados que se apresentam no Quadro 3.3.

³ Considerou-se como árvores de crescimento rápido as que apresentavam crescimentos anuais de cerca de 1,5m (Castel-Branco, 1995)

Quadro 3.3 Taxas de mortalidade média anual para árvores plantadas em cidades dos Estados Unidos

Syracuse, Nova Iorque entre 1978 e 1985 - árvores de arruamento			
dap considerado na avaliação (diâmetros à altura do peito medidos a 1,37m do solo)	pap equivalente	Taxa de mortalidade média anual	
superiores a 77 centímetros	241,8cm	5,4%	Significativamente elevada de acordo com o autor
Baltimore entre 1999 e 2001 em árvores jovens de arruamento			
dap considerado na avaliação (diâmetros à altura do peito medidos a 1,37m do solo)	pap equivalente	Taxa de mortalidade média anual	
0-7,6cm	0-23,9 cm	9,0%	Maior e significativa elevada taxa de mortalidade anual de acordo com o autor
7,7-15,2cm	24,2-47,7cm	6,4%	
15,3-30,5cm	48,0-95,8cm	4,3%	
30,6-45,7cm	96,0-143,5 cm	0,5%	
superiores a 45,8cm	143,8cm	mantendo-se entre 3,0% e 4,0%	

Adaptado de Nowak *et al.*, 2004

A mortalidade de árvores jovens em espaço urbano depende de vários fatores podendo vir a obter valores médios anuais muito distintos dependendo do modo como eles vão interagir positiva ou negativamente sobre as árvores. Face aos dados obtidos pelos diferentes autores, considera-se que aqueles que podem influenciar as taxas de mortalidade são: dimensão do espaço urbano (metropolitano, espaços urbanos médios e pequenos), uso do espaço (central, residencial, periférico), tipologia do espaço urbano (arruamento, parque ou jardim, espaço verde de enquadramento), construtor envolvido (capacidade técnica para efetuar plantação e adquirir plantas de qualidade), características próprias do local de plantação (solo, água, luz), características próprias da planta (qualidade do lote fornecido, capacidade de adaptação ao local), qualidade da manutenção (técnica), qualidade do projeto (seleção da espécie adequada ao local), envolvimento/relacionamento da comunidade com as árvores plantadas.

Pode-se concluir que os fatores que podem influenciar as taxas de mortalidade das árvores são: dimensão do espaço urbano, uso do espaço, tipologia do espaço urbano, construtor do espaço verde, características próprias do local de plantação, características próprias da planta, qualidade técnica da manutenção, qualidade do projeto e envolvimento/relacionamento da comunidade com as árvores plantadas.

3.1.3 Vigor e vitalidade das árvores em espaço urbano

A vitalidade e o vigor são características que as árvores apresentam e que são determinantes na sua melhor ou pior relação com o ambiente urbano em que se encontram. Sendo termos vulgarmente utilizados com o mesmo significado não significam exatamente o mesmo, entendendo-se por vigor de uma árvore a sua capacidade de resposta às ameaças e pressões que são feitas à sua sobrevivência sendo esta característica determinada geneticamente e não podendo ser alterada (Shigo *cit. in* Gričar, 2012) e por vitalidade a capacidade que a árvore tem em conseguir crescer mesmo perante as influências externas (stresse) a que está sujeita sendo uma ação dinâmica da árvore. A partir de um determinado ponto de stresse a capacidade da árvore para o superar diminui, diminuindo a vitalidade e a capacidade de sobrevivência da árvore, podendo ocorrer a sua morte ou ficar com danos irreversíveis. A vitalidade ideal da árvore não é um parâmetro conhecido sendo apenas possível conhecer a vitalidade mínima, ou seja, a morte da árvore (Gričar, 2012).

Larcher (*cit. in* Gričar, 2012) define stresse como sendo o desvio significativo da condição ideal para a vida da árvore e considera que a vitalidade se torna mais fraca quando este persiste ao longo do tempo. A condição de stresse em que se encontra uma árvore em espaço urbano não pode ser medida diretamente mas pode ser avaliada através de um conjunto de variáveis diversas sujeitos ao critério de cada autor.

Entende-se pelas definições apresentadas que a avaliação individual da vitalidade e vigor é complexa pelo que as metodologias aplicadas na sua avaliação acabam por oferecer simultaneidade de dados sobre a vitalidade e vigor. Para que se possa perceber melhor a complexidade desta avaliação apresentam-se algumas metodologias e parâmetros que têm vindo a ser aplicados em diferentes estudos.

Gričar (2012) fez uma avaliação onde considera a condição do estado da copa, o crescimento do gomo e dos sistemas radiculares, crescimento dos ramos (radial ou altura), medições de resistência elétrica cambial ou o tamanho e a forma de agulhas, etc., Schallenberger *et al.* (2010) incluíam na avaliação o estado de saúde, vigor, vitalidade, taxa de crescimento, imperfeições físicas, infestações e expectativa de vida, conjunto este que expressa o estado em que a árvore se encontra. Berrang *et al.* (1985) pretendiam valorizar os aspetos de crescimento e do valor estético da árvore selecionando parâmetros como: crescimento e ramos secos, quantidade e severidade da clorose e crestamento nas folhas.

Petersen e Eckstein (1988) e Dyer e Mader (1986) utilizaram os indicadores biológicos da madeira para expressar a vitalidade das árvores urbanas, sendo os parâmetros utilizados: formação e anatomia da madeira e da raiz; anéis de crescimento; biomassa do tronco, folhas e raízes, e o balanço hídrico da árvore. Harris (*cit. in* Biondi e Reissmann, 1997) considerava que as folhas, o tronco e os ramos são as principais partes de uma árvore que podem ajudar o observador a diferenciar uma árvore saudável de outra que sofreu algum distúrbio. Para o mesmo autor, o tronco e os ramos apresentam baixo vigor quando com poucas folhas, grande exsudação e perfurações. A aparência dos gomos, ramos e tronco principal podem indicar uma súbita mudança de condições ambientais, danos estruturais, doenças ou podas excessivas e, ou, incorretas. Biondi e Reissmann (1997) nos estudos que realizaram para a avaliação do vigor das espécies *Acer negundo* e *Tabebuia chrysotricha* consideraram como parâmetros de avaliação: diâmetro de copa, pap, peso de folhas, crescimento do ramo, peso do ramo e área foliar. Gonçalves *et al.* (2007) preocuparam-se com a definição de critérios para determinação de parâmetros que possam determinar a supressão de determinado indivíduo arbóreo, analisando variáveis como a raridade da espécie no ambiente estudado; afetividade, que diz respeito ao valor de estima da população pelo indivíduo arbóreo, e o posicionamento em relação ao contexto urbano; a ecologia, que se refere à origem da espécie, idade e importância ecológica do indivíduo no local; estudo fitossanitário, presença de doenças, ocorrência de pragas, outros problemas como madeira frágil e riscos avaliados pelos conflitos aéreos, subterrâneos e iminência de queda.

Nos Estados Unidos, na década de 30 já se verificavam preocupações quanto às metodologias a desenvolver para a avaliação da condição das árvores urbanas tendo a Michigan Forestry Park Association (MFPA) em 1931 publicado as primeiras diretrizes que foram alvo de revisão em 1956. Em 1982 realizou-se uma revisão ao guia de avaliação do MFPA em que se procedeu à sua adequação às diretrizes da Internacional Society of Arboriculture (ISA) passando em 1997 as diretrizes da MFPA a constituir um capítulo da ISA (Schallenberger *et al.*, 2010).

Schallenberger *et al.* (2010) avaliaram as condições das árvores nos parques e praças da cidade de Irati no estado do Paraná tendo por base as diretrizes desenvolvidas pela MFPA sendo as variáveis analisadas: Condição do tronco (CT), Taxa de Crescimento Recente (TC), Vitalidade da Árvore (VA), Doenças, Pragas e Parasitas (DP), Vigor da Copa (VC), e Longevidade Remanescente (LR). A cada variável foi associado um valor numérico e a soma de todos os valores obtidos expressou a condição da árvore.

Milano (1988) pretendendo estabelecer uma avaliação mais objetiva, pontuou os indivíduos de 1 a 3, pontuando com 1 árvores vigorosas, que não apresentam sinais de danos mecânicos, com 2 árvores que apresentam condição e vigor médios para o local, podendo apresentar pequenos problemas de danos físicos e com 3 árvores que apresentam estado geral de declínio e severos danos físicos.

Em Copenhaga, Bühler *et al.* (2007) estudaram a vitalidade de árvores e arbustos quando plantadas em diferentes tipos e volumes de solo em arruamentos e praças entre 1990 e 2001 sobre 2164 árvores e arbustos tendo desenvolvido uma metodologia semelhante de pontuação para a análise da vitalidade (pontuações de 0 a 5) sendo o valor atribuído por ordem crescente para árvore ou arbusto morto ou moribundo; para árvore ou arbusto com crescimento da árvore ou arbusto seriamente afetados, ramos mortos, folhagem descolorida, copa esparsa; para árvore ou arbusto com crescimento visivelmente afetado, nenhum crescimento recente, folhagem descolorida, para árvore ou arbusto saudável mas praticamente com estagnação de crescimento e a copa desenvolve-se em quase toda a totalidade densa e sem folhagem descolorida; para árvore ou arbusto saudável e com crescimento anual, e crescimento do ramo superior de pelo menos de 30 cm e, por fim com a maior classificação a árvore ou arbusto saudável com crescendo vigoroso, com crescimento anual do ramo superior de pelo menos 30 cm, alta densidade na copa e sem sinais de descolorido folhagem.

Após a aplicação das classificações, os autores detetaram que 1733 árvores e arbustos obtinham pontuação 4 ou 5, ou seja 80% de todas as árvores e arbustos se encontravam dentro da faixa de vitalidade. Só *Quercus sp.* e *Crataegus sp.* tinham vitalidade média com pontuação abaixo de 3,5. Classificações de vitalidade média acima de 4.5 foram obtidas para o *Populus sp.*, *Prunus sp.*, e *Robinia sp.*

A diversidade dos parâmetros utilizados em estudos realizados sobre vitalidade e vigor é grande dependendo a sua seleção dos objetivos e tecnologias de análise de cada caso de estudo, tal como das metodologias que se estabelecem na avaliação das condições urbanas da arborização pelo que se pode dizer haver subjetividade na avaliação do vigor e da vitalidade das árvores em espaço urbano. No entanto de entre os parâmetros que são selecionados pelos vários autores encontram-se os relacionados com a condição do tronco, taxa de crescimento recente, vitalidade da árvore, doenças, pragas, vigor da copa e longevidade.

3.2. BENEFÍCIOS DA PRESENÇA DA ÁRVORE EM ESPAÇO URBANO

São vários os benefícios ambientais, estéticos e sociais que a arborização oferece aos espaços urbanos. As árvores no espaço urbano influenciam e vão ser influenciadas pelos fatores presentes neste ambiente, dos quais se destacam o clima, composição química da atmosfera, biodiversidade, modificação da radiação solar e sistemas hídrico e pedológico, tal como vão ter influência sobre a sociedade e economia com que compartilham o espaço (Quadro 3.4).

A maior ou menor tolerância e capacidade de sobrevivência das árvores aos fatores presentes no ambiente urbano determinam a viabilidade e perenidade das estruturas ecológicas em espaço urbano, dado serem predominantemente constituídas por arborização, assegurando a realização das suas funções, configurações e tipologias de acordo com as características ecológicas dos espaços e das comunidades que os utilizam.

Quadro 3.4 Benefícios proporcionados pela arborização urbana

Benefício	Fator em que se reflete o benefício	Reflexos do benefício
Ecológico	Clima / Microclima	Mitigação dos aspetos negativos e promoção de melhores condições de funcionamento do ecossistema urbano (Ecologia da paisagem). Melhoria da qualidade do ar e da água.
	Qualidade do ar	
	Qualidade dos solos	
	Hidrologia urbana	
	Biótopos de fauna e flora	
Estético	Estético e Sensorial	Promoção da qualidade da paisagem urbana e do contacto da população com a natureza.
Social	Sociais e Culturais	Promoção do recreio, qualidade ambiental e saúde física e psíquica. Preservação do património natural.
	Patrimoniais	
	Saúde pública	
Económico	Valor da vegetação Valor da propriedade Valor de consumos indiretos	Aumento do valor da propriedade associado à existência de áreas arborizadas. Produção de produtos florestais (madeira, cortiça, fruta). Redução de consumos energéticos. Valor das árvores <i>per se</i> .

Adaptado de Tyrväinen, *et al.*, 2005; Almeida, 2006

3.2.1 Clima e conforto bioclimático

Os espaços urbanos apresentam um clima alterado o que se deve essencialmente, ao aumento da impermeabilização do solo, tipo de materiais de revestimento utilizados, desaparecimento dos espaços verdes, desenho do espaço urbano e atividades antrópicas, apresentando as áreas urbanas um “balanço térmico positivo” quando comparadas as temperaturas com as dos espaços periféricos, fenómeno designado por “ilha de calor” (Monteiro 2001^a).

De entre os vários fatores contribuidores do efeito “ilha de calor” destacam-se: a) as tipologias dos materiais utilizados nos pavimentos e revestimentos de fachadas, que na sua maioria apresentam reduzida capacidade de reflexão da luz e são bons condutores de calor, fazendo com que se comportem como acumuladores térmicos de radiação de curto comprimento de onda; b) atividades antrópicas realizadas nos espaços urbanos (indústria, residência e tráfego) (Tojo, 1998); c) menor circulação do ar (mesmo durante a noite), aspeto que pode ser agravado pelo desenho urbano (Madureira, 2011); e d) redução da evapotranspiração, o que se deve à menor disponibilidade de áreas com espaços permeáveis, menor presença de espaços com água (lagos, linhas de água) e quantidade de vegetação, o que significa que a maior parte da radiação solar incidente é transformada em calor. Também durante a noite *“As ilhas de calor mais intensas ocorrem, (...), quando as fontes artificiais de calor de origem antrópica compensam a ausência da fonte energética principal – o Sol – em dias de grande estabilidade atmosférica, sem grande turbulência, nem movimentação do ar. Persistem e aumentam sempre que há uma sequência de dias sem precipitação”* (Monteiro, 2001^a: 859) havendo menores perdas de radiação de grande comprimento de onda e se verificar a ausência de ventos o que leva a que as temperaturas sejam superiores às que se verificam na sua envolvente. Desta forma, verifica-se que os espaços urbanos são geralmente mais quentes que as áreas rurais periféricas.

No que diz respeito ao vento, verifica-se que a velocidade é, regra geral, menor nos espaços urbanos que nas periferias, havendo no entanto um maior número de situações de turbulência, o que se deve à presença dos edifícios e sua relação com os ventos dominantes. A circulação das massas de ar quando perante obstáculos sofre um conjunto de perturbações que se manifestam de vários modos: turbulência (remoinhos), aumento da velocidade do ar ou, inexistência de ventos, levando à inadequada ventilação dos espaços.

Quando perante situações em que se cria obstrução à passagem dos ventos, nomeadamente implantação de edifícios de cêrcea elevada, contribui-se para o aumento da temperatura e da quantidade de partículas e gases poluentes na atmosfera (Tojo, 1998; Almeida, 2006).

A humidade do ar é outro fator do clima que se encontra alterado nos espaços urbanos verificando-se ser, comparativamente às periferias, superior durante a noite e inferior durante o dia. A redução da humidade durante o dia deve-se ao facto de haver menor evapotranspiração uma vez que os espaços urbanos dispõem de menores áreas permeáveis, vegetação e extensões de água, e durante a noite a quantidade de humidade presente no ar encontra-se relacionada com a temperatura, pois não sendo as temperaturas no espaço urbano tão baixas quanto as das áreas periféricas vai adquirindo sempre humidade por não atingir o ponto de orvalho. As áreas periféricas ao arrefecerem ficam impedidas de adquirir mais vapor de água por atingir o ponto de orvalho (Madureira, 2011) acabando por ficar com menos humidade.

Relativamente à pluviosidade é comum chover mais nas zonas urbanas do que nas periferias (Monteiro, 2001^a). Estudos efetuados na região do Porto constataram haver um ciclo semanal associado à pluviosidade. A qualidade do ar atmosférico interfere na distribuição semanal da precipitação havendo uma maior ocorrência de pluviosidade aos fins-de-semana justificada pela existência durante o período semanal na baixa atmosfera urbana de uma grande quantidade de partículas de pequena dimensão que pode impedir o crescimento necessário das gotas de água até pelo menos aos 12 mm (dimensão necessária para assegurar a precipitação). Ao fim de semana, pelo facto de não se verificar a adição de poluentes, desenvolvem-se melhores condições para que as gotas de água possam ascender e por colisão e coalescência adquirirem as dimensões necessárias à sua queda sob a forma de precipitação. A precipitação no Porto apresenta relação com as atividades antrópicas e número e tipo de partículas presentes na atmosfera (Monteiro, 2001^a).

O conforto bioclimático em espaço exterior relaciona-se diretamente com o clima urbano fazendo-se a sua avaliação através de índices e modelos tendo por base o balanço energético do corpo humano e o efeito combinado dos elementos atmosféricos (temperatura, humidade, vento e radiação solar). Ao longo do século XX, vários foram os autores que apresentaram diagramas, índices e indicadores para a avaliação do conforto destacando-se Olgyay (1998), Givoni, Mc Farland e Soulier e Kim (Costa, 2006), Choislne e Lilienthal e Houghton e Yaglou (Almeida, 2006), Tabela de Mahoney e Curvas de Conforto de Carrier (Monteiro, 2001^b).

Verificando-se geralmente nas zonas urbanas a formação de anomalias térmicas positivas (Bernatzky, 1978; Monteiro, 2001^a), pode-se, por oposição e em espaços verdes densamente arborizados constituírem-se nos espaços urbanos “ilhas de frescura”, funcionando desta forma *como* “reguladores térmicos” diurnos e noturnos sendo locais onde as temperaturas são mais baixas e a humidade mais elevada (Madureira, 2008).

No caso do Porto verifica-se a presença frequente anomalias térmicas positivas geradas pela excessiva artificialização do suporte biofísico do território, não havendo equilíbrio entre a existência de espaços impermeáveis e espaços permeáveis e arborizados capazes de criar equilíbrios térmicos e de humidade. A geógrafa Ana Monteiro (2001^b) avaliou o Conforto Bioclimático vivido na cidade do Porto tendo concluído que:

- i. entre maio e setembro existem razoáveis condições de conforto. Neste período as temperaturas ultrapassam os 15°C e a humidade relativa ronda os 70% (apenas durante o período diurno);
- ii. entre novembro e abril as condições são de desconforto;
- iii. as condições de desconforto para recreio em espaço exterior são muito elevadas entre dezembro e janeiro;
- iv. as noites são para qualquer época do ano consideradas desconfortáveis.

Como se referiu, na determinação do conforto são consideradas as características climáticas locais (temperatura, humidade, vento) e balanços energéticos do corpo humano pelo que a arborização influenciando as características locais tem influência na determinação do conforto. Aspetos relacionados com a seleção de espécies e densidades de plantação são muito importantes porque: *“Se nos climas secos e quentes a sombra constitui um elemento essencial, nos climas quentes e húmidos será desejável compatibilizar as necessidades de sombra e de ventilação do ar com o não incremento dos níveis de humidade pela evaporação. Nos climas frios os principais fatores a ter em consideração são o acesso ao sol e a proteção dos ventos. Todas estas variações deverão portanto ser equacionadas com a introdução da vegetação adequada”* (Madureira, 2008: 43).

Tendo-se em consideração as condições de clima urbano em Portugal e o (des)conforto no Porto detalham-se os principais efeitos que podem ser contribuidores da vegetação para a promoção do conforto bioclimático.

O efeito do ensombramento dado pela arborização nas superfícies permeáveis e construídas promove a redução das temperaturas do espaço exterior durante os meses quentes. Este diferencial térmico depende do tipo de cobertura do solo, densidade do coberto vegetal, características específicas das espécies (altura, densidade e silhueta da árvore), período de foliação (intervalo de tempo em que as árvores apresentam folhas), e coeficiente de ensombramento (percentagem de luz que atravessa os espaços abertos da copa da árvore relativamente à luz que incide sobre a copa). Os diferentes tipos de coberto do solo influenciam os valores da temperatura do ar e do solo. As árvores conseguem obter maiores diferenciais térmicos, principalmente quando em conjunto pela interceção da radiação e processos de transpiração. No entanto, nem sempre o coberto vegetal permite obter maior sensação de conforto, por exemplo, durante a noite e sob vegetação herbácea, as temperaturas mínimas são mais baixas do que no solo nu porque durante o dia o solo armazena menos calor e de noite as perdas de radiação das superfícies das plantas são elevadas (Almeida, 2006).

A função de termorregulação da vegetação no conforto prende-se principalmente com o facto de esta aumentar o teor de humidade do ar. Da radiação recebida parte vai ser refletida e difundida e grande parte é gasta na transpiração e fotossíntese (Hough, 1995; Madureira, 2008). Uma árvore adulta, em pleno Verão, pode fornecer à atmosfera 300 a 500 litros de água por dia na forma de vapor (Magalhães, 2001), consumindo 1000 mJ de energia calorífica que é despendida no processo de evapotranspiração provocando uma redução da temperatura das massas de ar que se encontram em contacto com a vegetação (Hough, 1995). *“Por outro lado, este diferencial térmico estabelecido entre massas de ar em contacto com áreas impermeáveis e com áreas com cobertura vegetal provoca a formação de brisas de convecção que renovam o ar, refrescando-o e purificando-o”* (Madureira, 2008: 43).

Devido à redução da temperatura e ao aumento da humidade provocados pela arborização, esta constitui-se como um sistema presente em espaço urbano que apresenta capacidade termorreguladora. As áreas verdes densas e de dimensão considerável são, quase sempre, áreas com fraca amplitude térmica diurna ao longo de todo o ano. No entanto nem sempre a respiração e a fotossíntese das plantas são fatores termorreguladores positivos (Monteiro, 1993). Por exemplo, elevadas quantidades de vapor de água libertadas e mantidas nos espaços verdes muito arborizados podem, por exemplo, provocar um incremento da sensação de calor, tornando-as menos confortáveis do que seria necessário ou pretendido (Monteiro, 2001^b). Ao nível da termorregulação, a conjugação do

efeito da sombra conjuntamente com a evapotranspiração pode levar à poupança energética para aquecimentos e arrefecimentos quer em espaço exterior quer em interior (Madureira, 2008).

A arborização é também utilizada para minimizar os efeitos negativos dos ventos sendo essencialmente constituídas barreiras corta ventos que têm por objetivo o controle dos movimentos das massas de ar. As técnicas utilizadas são de obstrução, desvio e filtragem (Almeida, 2006).

As árvores quando aplicadas com objetivos de direcionar (desvio) ou de proteger (obstrução e filtragem) dos ventos funcionam como elementos dissipadores de energia pois pretende-se através do atrito provocado pelos ramos e folhas ou pela massa de vegetação constituída, reduzir total ou parcialmente velocidades, diminuir o efeito turbilhão, ou reorientar a direção de circulação das massas de ar. Estes efeitos de cortinas (proteção/reorientação), tal como o grau de redução da velocidade do vento, dependem da espécie, altura, densidade da ramagem e folhagem, silhueta, largura, período de foliação, capacidade de retenção e localização. Combinações entre arbustos e árvores proporcionam corta-ventos mais eficientes e ainda podem ser potencializados quando associados às características do relevo (Almeida, 2006).

Em algumas situações verifica-se não haver circulação de massas de ar criando-se também condições de desconforto sendo necessário melhorar a ventilação, sendo nessas situações possíveis de utilizar cortinas de redireccionamento que permitam a orientação do vento para as zonas desejadas (Almeida, 2006).

A arborização urbana contribui para o conforto bioclimático de modo direto pela redução das temperaturas e da radiação solar incidente, aumento da humidade relativa e ação sobre os ventos. A arborização é indispensável na promoção do conforto bioclimático por poder armazenar, temporariamente, água e energia, e de consoante as suas características poder intercetar mais ou menos luz solar e circulação de massas de ar, atributos que tornam a arborização indispensável para *compensar* as profundas alterações no balanço energético introduzidas pelos materiais utilizados no espaço construído (ex.: asfalto, telha, cimento, alumínio, vidro, espelho, etc.), e pelas novas geometrias e volumetrias urbanas (Monteiro, 2001^b).

3.2.2 Qualidade do Ar

Resultado da presença de poluentes químicos e partículas em suspensão, a composição da atmosfera urbana geralmente apresenta-se contaminada. Na AMP a maior parte dos poluentes presentes na atmosfera em elevada quantidade deve-se à atividade antrópica (tráfego, indústria e habitação: aquecimento, arrefecimento) podendo-se encontrar dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4), Ozono (O_3) e os hidrocarbonetos clorofluorados (CFC_s) monóxido de carbono (CO), chumbo (Pb), mercúrio, (Hg), cádmio (Cd), dióxido de enxofre (SO_2) e partículas em suspensão (Almeida, 2006).

As árvores vão desenvolver um papel importante na melhoria da qualidade do ar, podendo-o realizar de diferentes modos: mecânico, electrostático ou químico (Madureira, 2011; Nowak, *et al.*, 2014), sendo que estas ações podem ocorrer individual ou cumulativamente.

A ação de dispersão mecânica consiste na mistura e afastamento pelas folhas e ramos das partículas e gases, fazendo-se sentir mais este efeito nas matas do que em relvados por haver maior número de árvores adultas do que árvores jovens. Quanto à ação de diluição (electrostática e química), implica que a vegetação tenha a capacidade de reter as partículas e filtrar os poluentes promovendo na sua envolvente um ar de melhor qualidade levando a que os contaminantes fiquem em menor concentração (McPherson *et al.*, 1997; Cabral e Telles, 1999). O efeito electrostático faz-se sentir na deposição de partículas sobre as folhas das árvores e encontra-se intimamente associado aos ciclos das estações. Quanto ao modo como os poluentes gasosos se introduzem nas árvores, faz-se essencialmente pela abertura estomática das folhas e das estruturas reprodutoras, podendo também entrar por via cuticular. No caso da abertura estomática das folhas e das estruturas reprodutoras todos os fatores que regulam o movimento estomático influenciam o efeito da entrada dos poluentes na planta: radiação, humidade relativa, teor de água no solo e temperatura. Quanto ao modo de entrada de poluentes por via cuticular, a entrada dos poluentes na planta encontra-se mais associada às características das plantas e está menos dependente das condições do meio (Feliciano, 2001; Nowak, *et al.*, 2014).

A arborização urbana reage de diferentes formas à presença de contaminantes no ar, dependendo do tempo de exposição, natureza, tipo de emissão, estado de desenvolvimento da árvore (uma árvore jovem é mais sensível), das condições do meio (sol, clima, nutrição e disponibilidade de água) e espécie (Almeida, 2006).

As espécies de folha persistente e, em particular, as coníferas uma vez que apresentam uma maior área foliar e algumas delas mantêm os estomas abertos mesmo durante a noite, filtram melhor as poeiras do que as árvores de folha caduca, mas acabam por ser as coníferas as que se revelam ser mais sensíveis à poluição (Almeida, 2006). A mesma autora considera que árvores isoladas filtram menos poeiras do que quando organizadas em grupos ou em alinhamento, tal como que as árvores captam melhor os poluentes do ar quando se encontram localizadas próximo da fonte emissora (Almeida, 2006).

Miller (1997) considera que a ação química de filtração dos poluentes pode ocorrer de melhor forma se forem utilizadas espécies com elevados rácios de circunferência de folha em relação à área, de superfície em relação ao volume, e com a rugosidade na sua superfície e se forem utilizadas em mistura de caducas e coníferas, tal como se deve privilegiar composições com todos os estratos (herbáceas, arbustos e árvores) por se verificar ser mais eficiente na filtração do que quando existe um só estrato. Para além da estrutura, a densidade com que se estabelece a composição também é relevante, porque quando excessivamente densa não ocorre circulação do ar e não é possível fazer a filtração.

3.2.3 Solos e hidrologia urbana

O solo é essencial para que as árvores se instalem e cresçam num determinado local dado assegurar as funções de suporte biomecânico e o fornecimento de elementos para os processos bioquímicos fundamentais às árvores.

Os solos devem apresentar um horizonte superficial com boa porosidade, boa infiltração de água, fertilidade média a alta, teor de matéria orgânica médio a elevado e um subsolo que garanta o armazenamento de água, nutrição e sustentação, oferecendo fertilidade, permeabilidade moderada e textura média (Carvalho, 2009^a). No entanto, o que

geralmente se verifica nos solos presentes em espaço urbano é que apresentam secura, excesso de água, alteração e mistura de horizontes, compactação, carência de minerais, salinização e contaminantes orgânicos e inorgânicos (Almeida, 2006; Carvalho, 2009^a), o que se deve à atividade humana presente em espaço urbano adquirindo os solos características próprias que são independentes das características naturais da área geográficas em que se encontram (Craul, 1994).

Os solos urbanos são antrópicos porque resultantes da atividade humana sendo muito modificados pelo uso intenso e continuado do homem diferindo de outros, também antrópicos, como são os agrícolas, ou resultantes de explorações minerais, por apresentarem características e problemas específicos, pelo que são definidos como solos antrópicos com características próprias, havendo no entanto grande dificuldade na definição dos critérios para a sua classificação (Pedron *et al.*, 2004). De entre os vários problemas que os solos urbanos apresentam podem ser enunciados como mais relevantes: a compactação, condicionantes à circulação do ar e da água, presença de materiais antrópicos por vezes contaminantes como seja presença de metais pesados, detritos de construção e resíduos industriais, espaços disponíveis confinados e limitados para o desenvolvimento das raízes e frequente interrupção do ciclo dos nutrientes (Craul, 1994; Biondi e Reissmann, 1997, Pedron *et al.*, 2004).

Sendo os solos fundamentais para a instalação e crescimento das árvores porque lhes oferece o suporte físico, disponibilidade de nutrientes essenciais (macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, e micronutrientes: Mn, Fe, B, Zn, Cu, Mo, Cl), disponibilidade de água e disponibilidade de oxigênio na zona radicular, deveriam, mesmo sendo em espaço urbano apresentar características que fossem capazes de assegurar o correto desenvolvimento da vegetação, não podendo os fatores inibidores ser de tal modo limitantes que condicionem ou impeçam o desenvolvimento da vegetação. De entre os fatores inibidores habitualmente presentes nos solos urbanos destacam-se a acidez excessiva, a alcalinidade excessiva, os organismos patogênicos, as substâncias tóxicas, as camadas de imperme, o excesso de sais, (Kopinga e Burg, 1995), considerando-se ser os solos a causa de cerca de 80% dos problemas das árvores em espaço urbano (Patterson, *et al.*, 1980).

As melhores ou piores características e propriedades que os solos urbanos podem apresentar dependem da sua origem e condições em que conseguem conservar as suas qualidades iniciais. Infelizmente a história das intervenções antrópicas demonstra que raramente se conseguem manter as características iniciais, havendo contaminação dos solos “naturais” nomeadamente com aterros heterogêneos e com materiais provenientes de

vários locais, compactação, solos drenados, solos pobres em matéria orgânica e com composição mineral desequilibrada ou mesmo contaminados ou poluídos.

Quanto à água existente no solo e disponível para as plantas, provém, em condições naturais, da precipitação e, em alguns casos, da ascensão capilar. Pode também ser fornecida artificialmente ao solo através da rega. A água proveniente da ascensão capilar no espaço urbano é pequena, porque sendo proveniente de lençóis freáticos dificilmente chega às plantas dado os lençóis freáticos em espaço urbano se encontrarem geralmente em profundidade não sendo fácil às plantas usufruírem da sua utilização. Pode também ser fornecida alguma água proveniente de recarga sub-superficial podendo ser uma fonte significativa de água para as árvores urbanas. No entanto, pouco se sabe sobre seu padrão ou potencial (Clark e Kjeigren, 1990). Face aos dados disponíveis considera-se que a água que a árvore vai ter disponível para suprir o seu défice hídrico em espaço urbano será essencialmente proveniente da água fornecida pela precipitação e rega.

No que diz respeito às perdas de água mais significativas, tem-se as que se verificam na camada de solo que é usualmente explorada pelas árvores sendo consideradas as que se devem à evaporação a partir da superfície, transpiração das plantas e o escoamento superficial e sub-superficial, respetivamente quando a precipitação excede a capacidade de infiltração do solo ou quando a precipitação excede o valor necessário para se atingir a capacidade de campo.

Para as árvores, a água é fundamental à realização dos processos associados ao crescimento vegetal, divisão celular e fotossíntese. No entanto, quer o excesso de água quer o défice são prejudiciais ao seu desenvolvimento. A natureza do solo, composição, textura e compactação do solo pode impedir a recarga de superfície, mesmo quando ocorre precipitação não oferecendo às árvores a água necessária ao seu desenvolvimento (Clark e Kjeigren, 1990). Temperaturas excessivamente altas ou baixas podem também contribuir para a diminuição da humidade no solo (Biondi e Reissmann, 1997).

A construção de edifícios e de pavimentos causa a diminuição da quantidade de água que se infiltra e do nível freático dos lençóis. A remoção da camada superficial do solo e a compactação do solo apresentam consequências negativas quanto ao volume de solo disponível para a expansão das raízes, teor de nutrientes e para a permeabilidade do solo, restringindo a capacidade de captação de água e de ar pelas raízes (Oliveira e Lopes, 2007).

Os solos urbanos, regra geral, apresentam camadas diferenciadas correspondendo a mais superficial (10 a 30cm) à que possui maiores teores de matéria orgânica, nutrientes e micro-organismos aeróbios. Regra geral, é nas camadas mais superficiais que as raízes crescem num padrão de dispersão superficial, principalmente nos primeiros 60 cm do solo (80-90% das raízes das árvores) e, para além da área de projeção dos ramos das árvores de forma a poderem obter a maior quantidade de oxigénio (Arnold, 1993; Crow, 2005). Este habitual padrão de crescimento e dispersão das raízes poderá ser afetado pelo tipo de solo, espécie da árvore, idade, saúde, stresse ambiental, densidade de plantação e manutenção, sendo raro que as raízes penetrem a uma profundidade superior a 2m (Crow, 2005). O mesmo autor no que se refere à composição considera que os solos urbanos apresentam organização distinta, apresentando grande variedade vertical e espacial das camadas, com modificação da estrutura e consequente compactação, com a presença de uma crosta/película sobre a superfície nas zonas de solo descoberto e que impede a infiltração da água, e pH alterado com tendência para ser elevado. A oxigenação e a drenagem decorrem de modo deficiente e o ciclo de nutrientes é interrompido tal como as atividades dos organismos presentes no solo são alteradas. É frequente a presença de materiais antrópicos e de outros contaminantes no solo e os regimes de temperaturas do solo são modificados sendo do ponto de vista físico e químico inadequado para o desenvolvimento da vegetação (Craul, 1985^a; Craul, 1985^b; Kopinga, 1991). Por vezes, nestes solos urbanos nem o horizonte superficial se encontra presente tendo sido removido por decapagens, ou escavações ou, no caso de áreas de aterro, pode ocorrer sobreposição de camadas superficiais. É frequente a ocorrência de camadas distintas e artificiais resultantes da introdução de diferentes materiais, com diferentes texturas, devido à tentativa de reconstituição do solo removido, ou pela colocação de materiais de diferentes proveniências (Jim, 1998).

Portanto, no que diz respeito à organização das diferentes camadas que compõem o solo urbano, o que vulgarmente se verifica é que não apresentam continuidade e regularidade mas transições irregulares ou descontínuas dadas a adição de materiais exógenos o que geralmente se faz de modo pontual (De Kimpe e Morel, 2000). Esta heterogeneidade morfológica do solo é importante, pois interfere no regime hídrico e térmico do solo, na sua capacidade de sustentação de plantas e na sua resistência à erosão e deslizamentos.

No entanto, a presença da vegetação em contexto urbano revela-se de grande interesse porque pode contribuir para a melhoria das características químicas e físicas do solo urbano, nomeadamente no que diz respeito à drenagem, compactação, infiltração e filtragem de contaminantes e quantidade de matéria orgânica. Estas ações positivas da vegetação sobre o solo podem-se fazer sentir de modo mais ou menos acentuado função das espécies, estratos florísticos, densidades de composição e da maior ou menor percentagem de áreas permeáveis presentes em espaço urbano (Rossetti *et al.*, 2010).

Quanto às ações positivas da vegetação na infiltração da água no solo poderão ser maiores ou menores dependendo do tipo de solo, grau de compactação, tipo de cobertura vegetal sobre o solo, dado serem fatores que podem aumentar ou diminuir a interceção e atrito, e a declividade uma vez que maiores inclinações potenciam maiores velocidades de circulação da água podendo ocorrer menor infiltração (Almeida, 2006).

A infiltração da água no solo urbano é importante para responder às necessidades das árvores por duas ordens de razão. A primeira porque se permite a recarga dos lençóis freáticos em locais onde geralmente existem muitas superfícies impermeabilizadas sendo difícil fazer a recarga, a segunda porque havendo maior infiltração reduzem-se as quantidades de água a drenar e os picos de fluxo quando da ocorrência das grandes chuvadas, aspeto ainda agravado nos espaços urbanos pelo facto de haver menor quantidade de vegetação capaz de absorver água e de a libertar por evaporação e menor infiltração devido à maior compactação dos solos. Sempre que se aumenta a quantidade de vegetação e de áreas permeáveis em espaço urbano está-se a contribuir para a diminuição dos tempos de concentração atrasando o pico de concentração de caudais elevados (tempo a partir do início da precipitação necessário para que toda a bacia contribua com a vazão na secção de controle) (Almeida, 2006). Incorporar árvores em espaço urbano significa redução significativa da sobrecarga dos sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas, melhoria da infiltração de água no solo e, possivelmente redução da velocidade de água em períodos de tempestade (Rossetti *et al.*, 2010).

As árvores quando as precipitações se apresentam com baixa intensidade e quantidade têm maior capacidade de interceção da água nas chuvas verificando-se que as coníferas têm maior capacidade de interceção da água do que as árvores de copas arredondadas, o que se deve às características das folhas das coníferas que tendo maior densidade podem reter melhor a água nas copas, em comparação com as árvores de copa arredondada (Rossetti *et al.*, 2010). Estudos realizados sobre coníferas permitiram verificar que podem chegar a interceção cerca de 40% da água das chuvas enquanto as folhosas caducifólias apenas retêm cerca de 20%. Aspetos como caducidade das folhas,

arquitetura/forma da árvore, tamanho, tipo, número de folhas e distribuição de folhas e ramos pela estrutura da árvore, duração e intensidade da precipitação, temperatura, humidade relativa, velocidade dos ventos e radiação solar, influenciam a capacidade da arborização em reter a água das chuvas. Molchanov em 1963 determinou valores de interceção para vários tipos de revestimentos verificados em povoamentos florestais havendo grande diferença na interceção entre as folhosas e resinosas como se apresenta no Quadro 3.5 verificando-se ser apenas elevada a percentagem de interceção de uma folhosa que corresponde a uma espécie ripícola.

Quadro 3.5 Percentagem de água de precipitação intercetada em povoamentos florestais

Densidade de folhagem	Espécies existentes no revestimento do solo	Percentagem de água de precipitação intercetada
Menor	Carvalhos	21%
↓	Pinheiros adultos	25%
	Florestas mistas de Carvalhos e Pinheiros	28%
	Freixos	35%
Maior	Píceas	37%

Adaptado de Molchanov, 1963

Tyrväinen *et al.* (2005) estudaram a bacia hidrográfica de Gwyns Falls em Baltimore (EUA), e verificaram que áreas florestais densas conseguem reduzir o escoamento de águas pluviais em cerca de 26% comparativamente a zonas sem árvores apercebendo-se que o efeito da cobertura de árvores sobre superfícies apresenta efeito sobre o decréscimo do escoamento. O efeito na interceção e consequentemente no escoamento das águas será tanto maior quanto maior for a presença dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo pelo que os espaços verdes e a arborização urbana podem contribuir para a redução dos escoamentos.

Xiao, *et al.* (1998) estudaram a influência da intercetação das árvores na cidade de Sacramento, Califórnia, tendo verificado que a interceção anual de água de precipitação realizada pelas copas das árvores foi de 11,1%. Na mesma simulação de precipitação quando da existência de coníferas de médio porte e espécies decíduas a intercetação de água atingiu 18%. Quando perante chuvas de verão de pequena intensidade e em área verdes com mistura de espécies de grande porte, perenes e coníferas, a interceção das árvores foi de 36%. Também na Europa se realizaram estudos que permitiram chegar a conclusões semelhantes. No Reino Unido, em Merseyside, Whitford *et al.* (*cit. in* Almeida, 2006) demonstraram a influência dos espaços verdes e da vegetação na diminuição da quantidade de escoamento de águas pluviais tendo os autores conseguido estabelecer uma relação direta entre o aumento da quantidade de espaços verdes e o coeficiente de escoamento de águas pluviais.

Em Munique, Alemanha, Pauleit e Duhme (2000) conseguiram estabelecer relações semelhantes entre a redução de escoamento de águas pluviais, o aumento da área de espaços verdes e da percentagem de vegetação lenhosa (Quadro 3.6).

Quadro 3.6 Relação entre densidade de construção e as características hidrológicas em áreas residenciais de baixa densidade de Munique

Área construída	Nº de casos avaliados	Área Verde (%)	Vegetação lenhosa (%)	Infiltração de águas pluviais (%)	Escoamento de águas pluviais ($\text{lm}^{-2}\text{h}^{-1}$)
0-10%	25	81,5	26,4	29,5	4,5
11-20%	59	62,3	24,2	22,9	12,4
12-30%	18	52,3	25,4	19,2	16,5
30-40%	7	48,6	20,9	18,7	17,4
40-50%	1	30,0	12,0	16,9	22,6
60-70%	1	5,0	2,0	6,0	34,2
Valor médio	111	63,4	24,4	23,3	12,0

Adaptado de Pauleit e Duhme, 2000

A influência do sistema radicular das árvores no aumento da infiltração da água faz-se sentir pela definição de caminhos preferenciais para o movimento de água no solo e porque em resultado da decomposição das raízes das plantas formam-se canais pelos quais se infiltra a água no solo (Almeida, 2006).

Outro dos aspetos positivos resultante da presença da arborização em espaço urbano relaciona-se com a incorporação de matéria orgânica no solo (folhas, ramos, raízes) que vão melhorar a estrutura e composição do solo e aumentar a capacidade de retenção da água nas camadas superficiais (Rossetti *et al.*, 2010), aspeto importante para reduzir os picos de fluxo perante ocorrência de chuva como se referiu, e porque havendo água armazenada encontra-se disponível para ser fornecida às plantas permitindo reduzir os fornecimentos suplementares através de regas.

A erosão eólica é outro aspeto a considerar traduzindo-se a ação da arborização na redução da velocidade do vento na superfície do solo, absorvendo a vegetação a maior parte da energia exercida pelo vento. Aprisionando as partículas de solo, a arborização previne a formação de nuvens de poeira e impede que tais partículas sejam carregadas pelo vento. No que diz respeito ao vento a proteção da vegetação é fundamentalmente mecânica.

O entendimento da influência que a arborização tem na qualidade da água é uma questão muito complexa dado se ter que considerar as múltiplas atividades antrópicas e bacias hídricas. No que diz respeito à contribuição que a arborização *per se* possa dar para a melhoria da qualidade e saúde do ecossistema aquático não é muito evidente, porém alguns dos atributos da água, como a cor aparente, estão relacionados com a quantidade de matéria orgânica e sedimentos presentes na água. Estudos realizados em vários países têm constatado que o custo com produtos químicos aplicados nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) eleva-se com a redução percentual da arborização na bacia de abastecimento. Nos Estados Unidos, o estado de Nova Iorque investiu em áreas de proteção de áreas arborizadas, garantindo os responsáveis que o investimento na proteção é inferior ao que seria necessário para o tratamento da água (Almeida, 2006). A mesma autora (2006: 94) refere que *“De uma forma geral, a água pluvial que chega às bacias de retenção apresenta-se bastante poluída. A referida poluição é muitas vezes causada pela ação erosiva no solo (com transporte, por exemplo, de sólidos em suspensão e nutrientes) ou pela ação de lavagem dos pavimentos e outras superfícies impermeabilizadas”*.

O tratamento de águas residuais pela vegetação e a rega com águas residuais tratadas na arborização urbana tem vindo a desempenhar um papel cada vez mais relevante nos espaços urbanos, na melhoria da qualidade da água e redução de consumos.

No que diz respeito à reciclagem de águas residuais ou águas pluviais contaminadas (chuvas ácidas) em muitos espaços urbanos está-se a optar por sistemas naturais de reciclagem recorrendo-se principalmente a lagos e zonas húmidas. Nas zonas húmidas, plantas e animais conseguem assimilar grandes quantidades de nutrientes e reduzir as velocidades dos fluxos hídricos poluídos, permitindo que as partículas assentem sobre os fundos dos lagos e linhas de água (Bolund e Hunhammar, 1999).

As árvores e arbustos também são capazes de remover da água nutrientes incorporando-os na sua biomassa funcionando como “filtros verdes” promovendo a qualidade da água. Foram realizados ensaios em Espanha onde águas não industriais tratadas, com baixa concentração de metais pesados mas com elevadas concentrações de nitrogénio, fósforo e potássio foram aplicadas em regas de árvores das espécies *Cupressus sempervirens*, *Ficus carica*, *Nerium oleander*, *Pistacia terebinthus*, *Populus nigra*, *Tamarix africana*, e *Vitex agnus-castus*, tendo-se verificando crescimentos em todas as espécies tendo os *Cupressus sempervirens* e *Populus nigra* obtido os maiores crescimentos. Quanto às quantidades retidas de nitrogénio, fósforo, cálcio, magnésio, sódio e potássio verifica-se que todas as espécies fizeram retenção de nutrientes nas suas folhas, raízes e troncos tendo-se observado as maiores concentrações nas folhas, seguindo-se as raízes,

encontrando-se as menores concentrações nos troncos. Também se verificou que as quantidades de N retidas eram maiores nas folhas das espécies caducifólias do que nas perenifólias (Adrover *et al.*, 2008). Estudos semelhantes realizados na Índia com águas domésticas tratadas que apresentavam elevados teores em nutrientes em *Eucalyptus híbrido*, *Salix alba*, *Populus deltoides* e *Melia azedarach* comprovaram a capacidade de todas as espécies removerem nitrogénio, fósforo, potássio e sódio tendo-se observado que as maiores quantidades de nutrientes foram encontradas em *Eucalyptus híbrido* e *Melia azedarach*. Verificou-se que as quantidades de nutrientes que podem ser removidas também dependem das fases de crescimento das plantas, sendo a quantidade de nutrientes reduzida na fase de pós-plantação e durante o período de instalação, aumentando com o crescimento da planta e maturidade mas diminuindo nos invernos devido às características da caducidade, dada a maioria das espécies entrarem em dormência na estação do inverno (Pandey e Srivastava, 2012).

No que diz respeito aos solos e hidrologia urbana como se tem vindo a referir são vastos os benefícios da vegetação ressaltando-se os associados à infiltração da água nos solos, filtragem de substâncias tóxicas ou poluentes, redução da sobrecarga dos sistemas de drenagem, recarga dos aquíferos e melhoria da conservação da água no solo, qualidade na estrutura e composição do solo traduzindo-se estes benefícios na redução de custos, melhoria da saúde pública e menores acidentes em caso de tempestade.

3.2.5 Fatores sociais, económicos e custos com a arborização

São muitos e variados os contributos das árvores para a valorização económica do espaço urbano e estabelecimento de interações sociais entre elementos da comunidade.

São no entanto temas de abordagem complexa porque envolvem aspetos variáveis e subjetivos de quantificar em cada espaço urbano e para cada comunidade, mas relevantes porque influentes na sociedade e economia (Nowak e Dwyer, 2007).

3.2.5.1 Estético / Sensoriais

A árvore acrescenta qualidade à paisagem urbana quer pelas particularidades intrínsecas de cada espécie e indivíduo, quer pelo todo que é oferecido pela arborização urbana, pelo que a utilização da árvore em espaço urbano terá que ser ponderada também na perspetiva dos benefícios estéticos e sensoriais que oferece. Sendo que a árvore tem os seus próprios tempos de crescimento demorando várias décadas a atingir o seu estado de maturidade, o projeto de arborização urbana obriga a ter visão dos objetivos estéticos que se desejam obter ao longo de todo o processo de crescimento com a árvore e com o modo como a árvore se vai interligando com o todo em que se encontra plantada. O projeto associado à arborização envolve diferentes escalas espaciais e temporais (Almeida, 2006), implicando grande complexidade na perceção evolutiva dos vários parâmetros estéticos que estão envolvidos. Acresce ainda a esta complexidade, a gestão necessária de realizar ao longo do período de vida da árvore que terá que assegurar os objetivos definidos em projeto, pois ao se trabalhar com seres vivos em espaços sujeitos a grande dinamismo e com muitas condicionantes ter-se-á que considerar ciclos que envolvam plantação, crescimento, maturidade, remoção e replantação pois, caso contrário, haverá falta de sucessão de plantação, permanência e continuidade das soluções preconizadas podendo até possivelmente ocorrer o desaparecimento das árvores em algumas partes dos nossos espaços urbanos (Patterson, 1990).

Sendo as árvores elementos fundamentais porque conferem estrutura, função, legibilidade e significado aos espaços urbanos, grande é a diversidade de árvores usadas individualmente ou em conjunto que definem espaços, orientam vistas para um ponto focal, constituem cortinas visuais ou físicas, acentuam perspetivas, indicam alterações de uso do espaço, fazem a demarcação entre zonas de circulação pedonal, rodoviária e ferroviária, tendo a seleção das espécies das árvores que definir também efeitos estéticos, destacando-se volume, textura, cores, fragâncias, e até o modo como se movem, com as brisas e ventos e texturas dadas pelos ramos e padrões das folhas (Patterson, 1990; Pereira, 2006).

Os melhores efeitos estéticos são geralmente obtidos com ousadia e simplicidade, podendo-se definir volumes com a plantação de uma única espécie ou com poucas espécies de similar textura, volume e cor apenas com a definição de determinado compasso e, no que diz respeito à composição, definir filtros utilizando-se árvores de ramagem e folhagem

pouco densa que se aplicam junto de edifícios, ressaltando-os, em vez de os ocultar, ou criar elementos de pontuação utilizando-se árvores que pelas suas características individuais funcionam como elementos de referência no desenho do espaço urbano (Patterson, 1990). Em todos estes efeitos se tem de considerar as variações sazonais das espécies a fim de se projetar um esquema que seja eficaz e harmonioso ao longo de todo o ano. Por exemplo, as perenifólias oferecem cor e definição de volume durante todo o ano (aspeto que adquire especial interesse em áreas onde os edifícios não apresentam qualidade), enquanto as caducifólias com folhagem colorida ou florações intensas, geralmente apresentam efeito estético mais eficaz quando plantadas em grupos, desde que a gama de cores seja limitada às que se misturam bem entre si e são apropriadas para o local. Ainda se tem que ponderar efeitos de luz e sombra não só no que diz respeito à projeção de sombras sobre a edificação como no controle de luminosidade diurna e noturna do espaço urbano, abertura e fecho de vistas, orientando as panorâmicas de acordo com eixos de circulação e qualidade da paisagem e delimitação e abertura de espaços, aspeto importante na definição de usos do espaço urbano. Este conjunto de aspetos estéticos que a arborização urbana reflete permite melhor compreensão e progressão através do espaço (Patterson, 1990; Bell, 1996). A arborização torna-se fundamental para a qualificação estética da paisagem pela diversidade e capacidade de introdução de especificidades de leitura próprias oferecendo identidades a cada lugar (Bell, 1996).

Estética e sensorialmente são geralmente mais valorizados os aspetos relacionados com a visão dadas as variações sazonais, florações, queda da folha, rebentações, ramos, matizes de troncos mas a audição também se apresenta com relevância principalmente devido ao farfalhar das folhas quando da passagem do vento ou quando se caminha sobre a folhada outonal. Os aromas, tato e paladar estão presentes nas flores, folhas marcescentes, texturas de troncos e frutos fazendo-se associações imediatas com a natureza e o campo (Figura 3.3). Todos estes aspetos no seu conjunto têm efeitos psicológicos oferecendo a sensação de bem-estar, conforto e retorno à natureza (Patterson, 1990). As experiências emocionais e espirituais sentidas em cada lugar são significativas para os indivíduos e comunidades no modo como decorre o quotidiano das suas vidas e nas afetividades que se podem estabelecer com lugares específicos e com as próprias árvores, sendo as leituras feitas sobre as árvores ou paisagens, realizadas de modo individual, levando ao estabelecimento de relações de atração ou repulsa e podendo-se inclusive desenvolver sentimentos que se relacionam com a memória e com a imaginação sobre as relações que se adquiriram sobre o espaço (Ribeiro, 1998).



Figura 3.3 Valores sensoriais estéticos ligados à presença da árvore em espaço urbano: florações de árvores na linha de metro do Porto em Matosinhos em abril de 2013

Fonte: Autor

Nessa relação que os indivíduos estabelecem com a árvore ao longo das suas vidas têm as árvores existentes muitas vantagens sobre as árvores jovens, pelo que devem ser sempre que possível incorporadas nos projetos. A preservação das árvores existentes pode oferecer sentido ao lugar dando-lhe uma qualidade que levaria muitos anos para desenvolver perante intervenções novas. No entanto, as árvores para serem preservadas devem atender a um conjunto de aspetos: espécie, idade, condição em que se encontra, sua provável expectativa de vida, suscetibilidade às pragas e exigências de manutenção (Patterson, 1990).

Os valores estéticos que são atribuídos às árvores estão relacionados com as características dos indivíduos (educação, atividades recreativas que costuma praticar, relação com a natureza, idade e sexo), podendo no entanto a avaliação estética ser parcialmente influenciada por tendências, sistemas culturais e conhecimentos disponíveis (Kaplan e Kaplan, 1989; Almeida, 2006).

Ainda na abordagem dos efeitos estéticos e sensoriais a obter com a arborização são obrigatórios de ponderar os ângulos sobre os quais se tem visibilidade sobre a árvore. Quando a árvore é jovem, é observada de cima para baixo e quando adulta, de baixo para cima levando a que se observem aspetos distintivos da árvore. Também se deve ponderar os tempos de visibilidade porque são distintos em função do modo de circulação (pé, transporte rodoviário e ferroviário) e das novas tecnologias.

Para Girot (2009), a percepção que se tem da paisagem e dos elementos que a constituem é influenciada pelas circunstâncias históricas e tecnologias que vão moldando e condicionando a percepção da realidade e de como nos relacionamos com a realidade. O homem de hoje tem a capacidade de se mover rapidamente (avião, TGV, carro, metro) fazendo escolhas diárias das visões que tem sobre o espaço que percorre e que lhe vão criar o quadro de referência das suas ações e memórias. Atualmente é possível experienciar a paisagem sob diferentes perspectivas e velocidades em diferentes momentos do dia e escolher paisagens urbanas ou naturais podendo-o fazer fisicamente ou recorrendo à tecnologia (pela internet usando a televisão ou telemóvel). A velocidade altera a percepção dos espaços e dos elementos que o constituem, podendo alguns espaços parecer agradáveis quando experienciados e percecionados em determinadas velocidades e tornar-se inquietantes e desconfortáveis em outras velocidades.

Este novo modo de percepção da paisagem e dos seus elementos situa-se a meio caminho entre o movimento cinematográfico e o “*zapping*” e precisa de ser entendido e considerado na percepção da árvore no espaço urbano (Girot, 2009).

3.2.5.2 Sociais

Do ponto de vista social são usualmente aceites os benefícios das árvores no estabelecimento de ambientes mais saudáveis que potenciam o recreio e, regra geral, se encontram associados às áreas mais qualificadas urbanística, ambiental e socialmente.

As árvores e os espaços verdes têm influencia nas relações sociais que se estabelecem entre indivíduos tendo-se verificado que a participação dos habitantes em ações de plantação de árvores tem tido influencia nas percepções que os indivíduos têm da sua comunidade, nomeadamente contribuído para o reforço de laços mais fortes entre vizinhos sendo um aspeto importante da coesão social. Por outro lado, a perda de árvores dentro de uma comunidade pode ter um efeito psicológico significativo sobre os residentes do local ou região (Nowak e Dwyer, 2007). Em Chicago, estudos realizados em zonas residenciais ocupadas por pessoas que auferiam baixos rendimentos concluíram que os espaços verdes e a arborização contribuíam para o estabelecimento de melhores relações de vizinhança, maior sensação de segurança, controlo sobre as crianças em lugares ao ar

livre, padrões mais saudáveis de jogo infantil, e utilização dos espaços comuns de bairro e menores atos de vandalismo e crimes do que bairros semelhantes sem espaços verdes (Nowak e Dwyer, 2007).

Para além da influência que as árvores e zonas verdes têm nas relações sociais que se estabelecem nos locais de residência, verifica-se que, quando perante espaços verdes devidamente arborizados, o comportamento dos indivíduos enquanto consumidores é afetado, tendo-se verificado benefícios importantes nos estabelecimentos comerciais. Também nas áreas empresariais os espaços verdes e arborização tornam propício o desenvolvimento de parcerias e negócios. Os mesmos estudos realizados nos EUA constataam que perante espaços indevidamente arborizados as áreas de negócios eram afetadas negativamente havendo reduzida atratividade e, ou, bloqueio de negócios (Nowak e Dwyer, 2007).

Os espaços verdes e a arborização desde sempre permitiram a realização de diversas atividades associadas ao recreio e lazer por parte da sociedade: piqueniques, romarias e passeios públicos. Atualmente os espaços verdes são ocupados de modo diferente, de acordo com as culturas e geografias, sendo que em Portugal se verifica uma preferência pelo desenvolvimento de atividades associadas ao lazer e sociabilização.

Um inquérito realizado por Ana Luísa Almeida (2006) em Lisboa no ano de 2004 sobre a utilização dos espaços verdes públicos em 1000 inquiridos conclui que as faixas etárias com menos de 20 anos e mais de 60 anos são as que mais utilizam os espaços verdes públicos, apresentando-se como justificação o facto de serem as faixas etárias com mais tempos livres e terem menor autonomia para se deslocarem para espaços de recreio e lazer afastados. Aos fins-de-semana é a faixa etária entre os 30 e 50 anos a que mais utiliza os espaços verdes. Quanto às atividades praticadas nos espaços verdes públicos são igualmente realizadas por homens e mulheres mas, de modo distinto função das classes etárias. Por exemplo, atividades relacionadas com crianças são praticadas pela faixa etária dos 30 aos 50 anos, atividade de encontro social são mais relevantes nos utilizadores até aos 30 anos de idade, andar a pé aplica-se nos homens com idades superiores a 60 anos de idade e a atividade física apenas desempenha um papel importante na classe jovem (menos de 20 anos de idade). Interessante verificar a necessidade do contato com a natureza havendo 23% dos utilizadores que referem que frequentam os espaços verdes para estarem em contacto com espaços naturais.

Noutro estudo sobre a utilização dos parques verdes urbanos realizado por Rodrigues Meireles *et al.* (2013) sobre 4797 utilizadores, em cinco parques localizados em diferentes locais de Portugal, durante o período quente do ano, conclui que os grupos etários que mais usam os espaços verdes são os jovens adultos e as crianças e a menor ocupação pertence aos idosos. O envolvimento em qualquer forma de interação social é o tipo de comportamento mais frequente, quer em utilizadores ativos, quer sedentários.

Neste mesmo estudo Meireles Rodrigues *et al.* (2013) concluem ainda que 40,5% dos 351 utilizadores entrevistados prefere sítios com árvores, seguido dos espaços próximos da água (21,0%), tirando partido do conforto que estes espaços oferecem relativamente a outras áreas no parque.

Nos dois inquéritos constata-se que os utilizadores mais frequentes são as crianças e jovens adultos, que têm por principal atividade a interação social dando grande valor à presença da vegetação.

A proximidade aos locais de residência pode ser um fator importante para que idosos, indivíduos com mobilidade reduzida e com menores recursos económicos possam frequentar os espaços verdes.

Os idosos são indivíduos vulneráveis estando frequentemente sujeitos a isolamento social por serem os que têm maiores dificuldades em sociabilizar e se deslocarem. Estudos realizados nesta área demonstram que os espaços verdes situados em zonas residenciais incentivam a coesão social entre os vizinhos verificando-se melhores resultados quando da presença de árvores do que na ausência (Taylor, *et al.*, 1998). Ana Luísa Almeida (2006) num inquérito realizado em 2004 na cidade de Lisboa sobre o modo como se utilizam os espaços verdes constatou que os espaços verdes públicos de vizinhança eram os que apresentavam uma população mais constante contribuindo para maior sociabilização e coesão social sendo os frequentadores mais assíduos pertencentes aos grupos etários dos jovens (menos de 20 anos idade para idas ao parque infantil, brincadeira) e pessoas com mais de 60 anos como referido e nas questões de género para esta faixa etária eram os homens os mais assíduos.

Os espaços verdes e a arborização desempenham um papel relevante na coesão da sociedade por permitirem a coexistência de várias classes etárias no espaço sendo os jardins de vizinhança relevantes por permitirem a fruição mesmo por parte dos mais idosos.

As etnias minoritárias também merecem atenção porque podem constituir grupos isolados ou com dificuldade de integração social (fatores culturais, religiosos, económicos) sentindo necessidade de encontrar espaços públicos que permitam a realização das suas práticas culturais sem condicionantes e sem custos. É geralmente nos espaços verdes que encontram resposta às suas necessidades, sendo nestes espaços que se expressam coletiva e culturalmente nos países de imigração, sendo este um aspeto que se deve entender e enquadrar numa perspetiva de coesão e interação social. São também estes espaços que permitem o encontro de familiares e amigos em culturas e referências urbanas distintas permitindo a adaptação e integração (Tyrväinen, *et al.*, 2005).

Não se pode deixar de considerar como valores sociais associados à arborização urbana as oportunidades associadas à educação, formação e cultura ambiental pois a visibilidade, variabilidade e complexidade da ecologia e ecossistemas urbanos são excelentes laboratórios. As lições que permanentemente podem ser aprendidas sobre ecologia e ecossistemas urbanos têm implicações para a gestão dos recursos florestais públicos e privados, muito para além do limite de cidade sendo do interesse comum (Dwyer e Schroeder, 1994; Nowak e Dwyer, 2007).

3.2.5.3 Culturais

Áreas onde prolifera a vegetação são importantes para os habitantes dos espaços urbanos por manterem as referências e a ligação aos espaços naturais.

As árvores, enquanto elementos naturais são símbolos da natureza, sendo representativas de uma larga gama de simbologias imaginárias e reais, e estabelecem vários tipos de relação com o indivíduo urbano. Numa primeira abordagem estabelecem ligação ao mundo natural, pré-existente ao espaço urbano, oferecendo uma relação psicológica com uma existência para além da existência puramente social da urbanidade. Noutra abordagem, estabelecem simbologias reais (nasce, cresce, chega ao estado adulto, envelhece e morre, perde a folha, ganha flores), sendo possível criar relações ao longo do e

dos anos, estabelecendo marcadores temporais nas vidas humanas que vão crescendo e mudando simultaneamente com as árvores (Lawrence, 1995).

Enquanto objeto cultural a arborização urbana expressa relações de poder da sociedade que a define. Tal como outros serviços, a arborização e os lugares onde se encontra presente resultam de decisões e produções sociais que respondem aos padrões sociais do poder e sua influência em cada momento. Como serviços públicos, a arborização é frequentemente disponibilizada de modo desigual para diferentes grupos sociais sendo associada a grandes intervenções e investimento público, e como os serviços privados são geralmente desigualmente distribuídos dentro da paisagem urbana (Lawrence, 1995).

3.2.5.4 Patrimoniais

Todo indivíduo se identifica com bens, espaços, vivências e memórias, muito em resultado dos processos culturais a que esteve sujeito. Os bens, espaços, vivências e memórias são referências da sua identidade e cultura, tendo a capacidade de criar nos indivíduos e comunidades identidades, constituindo-se como património (Rodrigues, 2012).

As árvores e arborização têm essa capacidade de criar memórias, associar vivências e marcar espaços sendo hoje considerados património e tendo interesse público, estando em Portugal sujeitas a classificação de acordo com a Lei n.º 53/2012 de 5 de setembro de 2012, cujos critérios de classificação foram estabelecidos na Portaria n.º 124/2014 de 24 de junho 2014.

De acordo com a legislação podem ser classificados povoamentos florestais, bosques, arboretos, alamedas e jardins de interesse botânico, histórico, paisagístico ou artístico bem como os exemplares isolados que, pela sua representatividade, raridade, porte, estrutura, idade, raridade, historial, significado cultural ou enquadramento paisagístico e ainda por motivos históricos ou culturais, possam ser considerados de relevante interesse público adquirindo um estatuto idêntico ao do património construído (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, 2013).

Na AMP encontram-se classificadas como árvores de Interesse Público mais de 300 exemplares, com predominância para espécies autóctones como sejam sobreiro (*Quercus*

suber), carvalho-alvarinho (*Quercus robur*), pinheiro-manso (*Pinus pinea*), pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*), e plátano-vulgar (*Platanus x acerifolia*). Também outras espécies de carácter ornamental estão classificadas como a cameleira (*Camellia japonica*), tília (*Tilia* sp.), tulipeiro (*Liriodendron* sp.), metrosídero (*Metrosideros excelsa*), araucária (*Araucaria heterophylla*) e rododendro (*Rhododendron* spp) (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, s.d^b.).

Dadas as características específicas da paisagem de Portugal, tal como a longa história do país, várias são as árvores e arborização que apresentam um valor patrimonial elevado, tendo algumas delas ligação direta com a nossa cultura, considerando-se notáveis ao longo de gerações e que se podem encontrar como exemplares isolados ou em conjunto, em jardins públicos, igrejas, capelas, fontes, mosteiros e quintas de recreio.

3.2.5.5 Saúde pública

A necessidade inata e biológica de se ter contacto com a natureza é considerada fundamental para o bem-estar humano aspeto que tem vindo a ser fundamentado pelos resultados obtidos em vários estudos (Ulrich, 1984; Kaplan and Kaplan, 1989; Kaplan and Kaplan, 1990; Ulrich *et al.*, 1991 ; Ulrich, 1999), que estabeleceram ligações entre os benefícios do contacto da natureza e vegetação, bem-estar e saúde dos indivíduos, verificando-se haver dois grupos de efeitos:

- i. efeitos sobre a saúde psíquica (sistema emocional, questões sociais e comportamentais);
- ii. efeitos sobre a saúde física (sistema respiratório, sistema cardiovascular, stresse, obesidade, longevidade).

No que diz respeito aos efeitos do contacto da natureza na saúde psíquica podem ser subdivididos nos que englobam o bem-estar coletivo e das comunidades e os que abrangem o bem-estar psicológico individual (Madureira, 2008).

No que diz respeito às relações entre a comunidade e as áreas verdes dá-se especial valor aos jardins de proximidade e ao tipo de relações que a comunidade consegue

estabelecer a partir desse espaço, nomeadamente sentimentos de pertença e de inter-relação entre as pessoas que dele usufruem (Kaplan, 2004; Tzoulas *et al.*, 2007; Madureira, 2008).

Quanto ao efeito da arborização no bem-estar psicológico individual faz-se sentir na redução do stresse em ambiente de trabalho, hoje tão propício ao desenvolvimento de depressões, tal como proporcionar oportunidades para ambientes com menos stresse. A presença da arborização nos espaços exteriores vai influenciar o comportamento da comunidade infantil e juvenil podendo-se verificar que em ambientes naturais as crianças e jovens se envolvem em atividades lúdicas, estabelecem relacionamentos com outras crianças do local de residência, desenvolvem e gerem diversos tipos de sentimentos, e estabelecem contacto com diversidade de estímulos materiais e sociais. Nesse sentido, a presença da arborização funciona como elemento estimulador das capacidades motoras e cognitivas das crianças (Staempfli, 2009; Taylor e Kuo, 2009). Estes aspetos também se verificam com as faixas etárias dos mais idosos onde há tendência para o desenvolvimento de atividades e estabelecimento de relações sociais nos jardins.

No que diz respeito aos mais idosos são as doenças relacionadas com a mobilidade e com a memória e, em especial, a doença de Alzheimer, as que mais afetam os indivíduos. O estar e passear no jardim, encontrar pessoas, falar de memórias passadas estimuladas pelos aromas, texturas, composições, sombras, são reminiscências que permitem construir amizades, manter ligações com o presente, evitar o isolamento, estabelecer relacionamentos com os familiares e amigos (Meyer, 2007).

Os jardins sensoriais, de aromáticas e hortas são sentidos de modos distintos por pessoas distintas, dependendo das diferenças étnicas, económicas e geracionais (Meyer, 2007). As hortas podem servir para a produção de hortícolas como também serem espaços jardinagem e fruição com vista à melhoria dos indivíduos (corpo, mente e espírito). Jardins sensoriais, de aromáticas e hortas terapêuticas apresentam efeitos muito positivos na saúde e recuperação de doentes sendo hoje tipologias de áreas verdes implantadas em diversos espaços de saúde (hospitais, centros de reabilitação, centros geriátricos, jardins, parques, praças, e espaços de conservação), pois as suas funções são múltiplas para diferentes tipos de doenças e idades (Meyer, 2007).

Wendy Meyer (2007), Stephen Kaplan e Janet Talbot (1983) relacionaram a presença de ambientes naturais e tranquilos com a recuperação rápida e consistente de doentes. Roger Ulrich (1984) atestou a influência positiva na recuperação pós-operatória em doentes quando da presença de uma janela em hospitais com vista para espaços naturais e, ou,

espaços verdes, e Stephen e Rachel Kaplan (1990) verificaram que a natureza ajuda as pessoas a se concentrarem melhor e a se recuperarem porque "dirigem a fadiga de atenção" e porque a natureza contém uma riqueza em informações repousantes que não provoca cansaço nos seres humanos (Kaplan, 2004).

No que diz respeito aos efeitos da arborização sobre a saúde física existem vários e diversos estudos que evidenciam os efeitos da arborização sobre áreas específicas da saúde. O homem urbano de hoje tem vários problemas nomeadamente sedentarismo, alergias, asma, obesidade, fadiga e diabetes e tem-se vindo a demonstrar que a presença de áreas verdes contribui para a redução destes problemas (Almeida, 2006).

O ruído pela sua intensidade e persistência nos espaços urbanos causa perturbações psicológicas e físicas (Miller, 1997) podendo a arborização constituir-se como elemento atenuador por poder realizar, individualmente ou cumulativamente com outros elementos, efeitos de absorção, deflexão, reflexão, refração e dissimulação⁴.

De todas as funções indicadas as que a arborização habitualmente desempenha para atenuar o ruído são absorção e dissimulação. No que diz respeito à absorção, as folhas, ramos e troncos vão absorver a energia do som. Sendo difícil o estabelecimento de barreiras densas e compactas com a vegetação, verificou-se que se conseguem obter resultados mais positivos quando se combina vegetação com modelação do terreno e, ou, proteções rígidas como sejam gabiões de terra, ou muros de betão (Palomo, 2003; Almeida, 2006). Almeida (2006) considera que maciços de vegetação com pelo menos 30m de espessura podem levar à redução do ruído em 50% mas que perante espaços de plantação estreitos (menos de 3 m de largura) a redução de ruído é pouco significativa (3 a 5 dBA), e mesmo para se obterem estes valores são necessárias faixas de vegetação muito densas de árvores com arbustos. No entanto, Palomo (2003) considera que a aplicação de diferentes espécies de plantas não se traduz em grandes diferenças na redução do ruído. As cortinas com vegetação, mesmo que estreitas e onde a redução de ruído não é efetiva revelam-se eficientes do ponto de vista psicológico, porque evitam a visualização da fonte emissora de ruído (cortinas tapa vistas) tendo-se a sensação de que o ruído não é tão intenso.

⁴ A absorção ocorre quando a energia do som é transferida para outro elemento que não o que produz o som. A deflexão corresponde à alteração da direção do som pela implantação dum elemento. A reflexão ocorre quando o som retorna à fonte e a refração corresponde à mudança de direção do som quando mudam de um meio para outro (ex.: ar para água). Quanto à dissimulação não corresponde a uma verdadeira atenuação mas antes a cobertura do som indesejado com sons mais agradáveis para o ouvido humano que se sobrepõem ao som desagradável (Miller, 1997).

A função de mascaramento obtêm-se através da produção de sons com a vegetação e que são diferentes do som que se considera desconfortável ou indesejável (ruído). O som provocado pela agitação das folhas com o vento e da avifauna é agradável, pelo que tendo os seres humanos a capacidade de filtrar e selecionar sons que consideram agradáveis em detrimento de sons indesejáveis (ruído) vão ouvir os sons da natureza que se vão sobrepor aos sons da cidade (Miller, 1997).

Quanto às restantes funções (deflexão, reflexão e refração) dada a permeabilidade dos troncos, ramos e folhas são difíceis de desempenhar recorrendo-se exclusivamente à vegetação, mas podem ser realizadas em ações conjuntas da vegetação com modelação do terreno e proteções rígidas capazes de refletirem ou direcionarem o som.

Os espaços verdes vão também melhorar as condições de saúde dos indivíduos porque sendo atrativos e aprazíveis convidam os indivíduos à realização de atividades moderadamente intensivas (caminhar, andar de bicicleta, brincar no parque infantil), levando a que desenvolvam atividade física frequente que será contribuidora de melhor condição de saúde. Mitchell e Popham (2008) realizaram entre 2001 e 2005 estudos em Glasgow tendo concluído que viver nas imediações dos espaços verdes melhora a saúde dos indivíduos. Concluíram também que ambientes que promovam boa saúde podem ser cruciais na luta para reduzir as desigualdades na saúde. Nestes estudos os autores verificaram que indivíduos que viviam próximo de áreas verdes tinham melhor saúde, independentemente dos seus rendimentos, tal como a expectativa de vida aumenta (mesmo para as classes sociais de rendimentos mais baixos). Apontavam como vantagens da presença dos espaços verdes a sua capacidade para reduzir a pressão arterial, doenças cardíacas e acidente vascular cerebral e redução dos níveis de stresse tal como consideravam a possibilidade de ajudar as pessoas a recuperarem mais rapidamente após cirurgias. Os autores consideravam que promover a presença de espaços verdes é mais benéfico para promover melhor saúde em áreas carenciadas, do que fazer campanhas publicitárias ou formativas sobre a saúde.

Outro dos problemas da sociedade urbana atual é o sedentarismo que, associado a uma dieta alimentar pouco equilibrada, favorece a obesidade que constitui um relevante fator de risco para a saúde sendo a obesidade já considerada pela Organização Mundial de Saúde, como uma doença. Na Europa, um em cada três adultos tem excesso de peso e um em cada quatro é obeso, tendo Portugal em 2006 52,4% da população adulta com excesso de peso e 13,8% da população adulta obesa. A obesidade é uma doença que também atinge as crianças, estimando-se que mais de um terço das crianças dos sete aos nove anos na Europa sofra de pré-obesidade e, ou, obesidade (Pereira, 2007^a). Estudos inseridos

na Childhood Obesity Surveillance Initiative, realizados em 2008 em Portugal, indicavam que 32,2% de crianças portuguesas, dos seis aos oito anos apresentavam excesso de peso, o que incluía os meninos obesos. Um estudo mais recente realizado pela Faculdade de Medicina da Universidade do Porto (FMUP) designado de “Geração XXI” confirmou a presença de obesidade em crianças com 4 anos (Ciência Hoje, 2012).

Sendo um assunto preocupante vários têm sido os estudos que relacionam a redução do excesso de peso e obesidade com a presença de espaços verdes, havendo uma forte incidência em estudos na área da obesidade infantil pelas graves e prolongadas consequências que tem para o indivíduo e sociedade. Na Alemanha, estudos com crianças em idade escolar relacionaram os seus níveis de exercício físico diário com o grau de mobilidade do ambiente em que estavam envolvidos, definindo-se mobilidade como a ligação entre ruas, a densidade de passeios e ciclovias, a quantidade e distância a parques infantis, espaços verdes e instalações desportivas. Segundo os seus pais, crianças que viviam em áreas com elevada mobilidade estavam, em média, pelo menos 15 minutos mais envolvidas em atividades ao ar livre do que crianças residentes em áreas com baixa mobilidade (IDEFICS, 2011).

No Brasil, estudos semelhantes realizados com crianças concluíram que quanto maior for a proximidade entre a habitação e os espaços públicos de lazer, e quanto maior for a proporção de espaços verdes nos bairros maior é a prática da atividade física das crianças (Roemmich *et al.*, 2006). Janice, Jeffrey e Gilbert (2008) relacionaram os Índices de Massa Corporal (IMC) das crianças com a presença de arborização tendo concluído que os espaços verdes sendo espaços mais atrativos para as crianças constituem uma oportunidade de evitar a obesidade por se dar um aumento da atividade física e do tempo de permanência em exterior. Tem-se assim que mobilidade e dimensão dos espaços verdes são fundamentais para que as crianças pratiquem atividades e desenvolvam exercício físico.

Outro estudo realizado por Bell, Wilson e Liu (2008) estabeleceu relação entre a presença de áreas verdes, densidade da área residencial e IMC em crianças com idades compreendidas entre 3 e 16 anos verificando-se que quanto maior for a quantidade de vegetação em espaço público exterior mais os IMC eram baixos, pelo que os autores defendem que a presença de vegetação estimula a relação com o espaço exterior, aumenta o nível de atividade física e promove hábitos saudáveis.

Sendo a definição de saúde dada pela Organização Mundial de saúde (OMS) "*um estado de completo de bem-estar físico, social e mental e não meramente a ausência de doença ou enfermidade*" (World Health Organization, 2006), percebe-se o quanto a estrutura ecológica e arborização urbana são relevantes como fatores promotores da qualidade da saúde pública por proporcionarem bem-estar e serem fundamentais na qualidade ambiental, proporcionando espaços mais saudáveis. Hoje, trabalhar em saúde pública implica o entendimento entre várias disciplinas da saúde, sociologia e ecologia, sendo as áreas verdes e a vegetação elementos contribuidores de uma melhor saúde dos indivíduos (Tzoulas *et al.*, 2007).

Sendo grande a contribuição da arborização para a saúde dos indivíduos existem também aspetos menos positivos associados à arborização que podem provocar problemas de saúde nos indivíduos se não devidamente acautelados. Algumas espécies apresentam perigosidade por poderem provocar irritação (fungos, lagartas, tricomas urticantes) ou feridas na pele (espinhos, acúleos, folhas pontiagudas), outras por exacerbarem episódios de asma ou alergias, através do sistema respiratório e outras provocando toxicidade (flores, frutos e folhas) quando ingeridas (Viñas, 1992). No sentido de se acautelarem estas possíveis situações devem-se evitar plantar árvores em espaço público que criem ou potenciem estas situações.

O estabelecimento de ligações entre a redução dos encargos com a saúde pública face aos benefícios resultantes da presença de espaços verdes poderá oferecer dados que permitam ajudar nas decisões quanto aos modelos e áreas de investimento a seguir, tal como quanto às metodologias de abordagem a utilizar. Um estudo realizado no Reino Unido, em cinco cidades, aplicou um modelo de cálculo para avaliar a poupança na área da saúde função do aumento da atividade física ao ar livre. A partir dos dados obtidos concluíram que se 20% da população inserida em 2 km da área de abrangência de um espaço verde com 8-20 ha realizasse 30 minutos de atividade ao longo de 5 dias por semana, a poupança para o serviço nacional de saúde do Reino Unido seria de mais de £1,8 milhões por ano (Bird, 2004). Naturalmente que se a presença de espaços verdes melhora a saúde dos indivíduos, os custos associados, nomeadamente a tratamentos, internamentos, cirurgias, serão diminuídos.

Na área da saúde os argumentos económicos associados aos argumentos sociais são mais um fator que reforça a necessidade da implantação da estrutura ecológica e corredores verdes ao longo dos espaços urbanos numa perspetiva multifuncional e em diferentes escalas de modo a poder ser usufruído por todos os indivíduos (Figura 3.4).



Figura 3.4 Espaços verdes públicos associados ao metro do Porto em Gondomar e Matosinhos. Espaços promotores do exercício físico. Maio de 2013
Fonte: Autor

3.2.5.6 Custos e valor das árvores

A avaliação económica dos benefícios associados à presença da arborização nos espaços urbanos não é fácil tendo sido estabelecidos vários modelos de abordagem e parâmetros de quantificação, podendo alguns ser entendidos como óbvios e diretos, e outros mais difíceis, e até controversos.

Nos primeiros pode-se incluir a atividade económica direta ligada ao processo construtivo, gestão e manutenção (florestal, agrícola, hortícola e manutenções) representando atualmente uma percentagem significativa no contexto geral das atividades económicas das áreas urbanas. Para estas atividades existem valores de mercado dos produtos e dos serviços sendo possível quantificar quanto custa construir, manter e gerir. A título de exemplo, pode-se pensar como mais-valias associadas à arborização urbana a prática da compostagem, produção de madeira e derivados, prática da agricultura (agricultura urbana, hortas sociais, hortas urbanas, jardins comunitários), produção de energia diretamente associada à madeira e outros resíduos orgânicos de jardins, entradas em jardins e parques, concessões e receitas obtidas em atividades realizadas nos espaços arborizados.

No que diz respeito aos benefícios económicos indirectos são mais difíceis de quantificar podendo-se dar como exemplos o aumento do valor da propriedade, valorização turística, redução dos consumos térmicos dos edifícios e melhoria da saúde pública. São ainda considerados mais difíceis de quantificar economicamente benefícios indirectos associados ao ambiente (ex.: qualidade do ar, prevenção de catástrofes, retenção de carbono), valorização estética, recreio e conservação da natureza e património. Os benefícios económicos indirectos não são produtos que tenham valor de mercado que os tornem facilmente quantificáveis sendo entendidos como bens públicos (Tyrväinen, *et al.*, 2005), o que lhes atribui um valor especial porque devem ser utilizados por todos e contribuírem para o bem-estar de todos.

Tendo por objetivo quantificar o valor das árvores e da arborização urbana foram desenvolvidos vários métodos de abordagem tendo Viana *et al.*, (2012) considerado após revisão bibliográfica elaborada tendo por base os modelos e práticas realizados nos Estados Unidos, Europa e Brasil que os modelos mais utilizados podem ser agrupados em valorização hedônica, valorização contingente e métodos que utilizam fórmulas.

Os métodos de valorização hedônica “*levam em conta o efeito de um dado benefício ambiental sobre o preço de um bem que possua um mercado real*” (Viana *et al.*, 2012:79). São exemplos deste tipo de método, os estudos que fazem a relação do valor do mercado imobiliário em função da proximidade da arborização, ou seja quanto o valor do imóvel pode ser influenciado pela simples proximidade de áreas arborizadas (Sander *et al.*, 2010). O método tem por base dados fornecidos pelos consumidores face a certas características e serviços ambientais, e não tanto no valor do bem em si mesmo. Como principal vantagem do método, tem-se a obtenção de preços que são possíveis de comparar com os preços de mercado, como principais desvantagens, o facto de depender de perceções complexas na sua execução (Viana *et al.*, 2012).

O método de valorização contingente baseia-se na valorização dos recursos naturais e bens públicos (Carson, 2000). Os bens são valorizados por meio da “*disposição de pagar*” ou pela “*disposição em receber*” manifestada pelo indivíduo. Neste método pretende-se descobrir qual o valor máximo que o indivíduo está “*disposto a pagar*” para ter acesso ou usufruir de um bem ou serviço ambiental enquanto na “*disposição de o receber*” (Viana *et al.*, 2012: 80).

Como vantagem da sua aplicação é indicada a flexibilidade porque pode ser usado para valorizar tanto valores de uso como de não-uso. Os aspetos negativos que são apontados relacionam-se com o facto de se basear na opinião direta dos entrevistados podendo haver incompreensão sobre os valores que estão em apreciação (Viana *et. al.*, 2012).

O método de valorização contingente e o de valorização hedônica captam valor de conjunto sendo no entanto limitados quando se pretende obter o valor individual, tanto em termos de custo quanto de benefício de cada árvore (McPherson e Simpson, 2002).

Quanto aos métodos de avaliação de árvores que utilizam programas com aplicação de fórmulas (Tree Appraisal Methods), Watson (*cit. in* Viana *et. al.*, 2012) expôs dois tipos: (a) estabelecem um valor inicial tendo por base o tamanho das árvores sendo ajustado por fatores de condição, local, espécie, qualidade e situações especiais; (b) o valor é determinado a partir de pontuação dada a fatores que são aplicados sobre as árvores sendo traduzido num valor monetário introduzido no final.

Estas avaliações que têm por base fórmulas, dada a multiplicidade e complexidade de fatores a considerar têm de ser realizadas por peritos, destinando-se umas a avaliar árvores, outras grupos de árvores e outras espaços verdes. Também se constata a dificuldade em se conseguir avaliar fatores estéticos e sociais.

As avaliações que determinam o valor da árvore aplicam-se geralmente quando se torna necessário atribuir uma indemnização ao proprietário, fazer a sua classificação ou aplicar um seguro. As fórmulas desenvolvidas para valorizar árvores consideram um número vasto de fatores e valores de mercado e são várias tendo sido desenvolvidas em diferentes geografias. Watson (2002) analisou métodos de valorização de árvores por fórmula realizados por nove peritos sobre seis árvores. Os métodos aplicados foram CTLA (Council of Tree and Landscape Appraisers) dos Estados Unidos da América, STEM (Standard Tree Evaluation Method) da Nova Zelândia, Helliwell da Inglaterra, Norma Granada de Espanha e Burnley da Austrália. O método CTLA e Burnley obteve a classificação mais baixa enquanto a Norma de Granada obteve a classificação mais elevada.

Um dos métodos de avaliação individual de árvores mais amplamente usado nos EUA é o CTLA, que estima a compensação que deve ser dada aos proprietários quando perdem uma árvore na sua propriedade (Watson, 2002). Para árvores pequenas geralmente é atribuído o valor de custo da árvore. Para árvores maiores, a fórmula calcula o valor da

árvore por profissionais em função de variáveis como: espécie, diâmetro, localização e condição da árvore. Esta fórmula estima valores para a árvore mas não atende às funções da árvore no ambiente urbano, nem aos valores associados com os benefícios ambientais, sociais e econômicos das árvores (Nowak e Dwyer, 2007).

Em Espanha é utilizada para avaliação individual de árvores a norma de Granada sendo ponderado um vasto número de fatores como a idade, “(...) *as características morfológicas das espécies, o seu porte natural, o seu comportamento em situações diferentes bem como a sua resistência a determinados problemas fitossanitários, as particularidades do local, o tipo de solo existente, bem como a função que a árvore em avaliação desempenha no referido local (estética, histórica, cultural, ecológica)* ” (Almeida, 2006: 116). Nesta avaliação são considerados fatores extrínsecos à árvore como estético e funcional, representatividade e raridade, situação em que se encontra plantada e fatores extraordinários como as feridas em troncos e sistema radicular sendo muito abrangente (Asociación Española de Parques y Jardines Públicos, 1999).

Em Portugal, por inexistência de fórmula própria de avaliação é frequente usar-se o método de avaliação de árvores da Norma de Granada.

Para situações mais abrangentes, em que se torne necessário efetuar a avaliação de grupos de árvores e de arborização urbana são utilizados outros métodos que utilizam fórmulas. Nos Estados Unidos são utilizados preferencialmente três modelos: City Green, Ufore e Stratum (Almeida, 2006). Na Europa estes métodos também são utilizados sendo dados a título de exemplo a aplicação do programa Ufore na cidade de Barcelona (Chaparro e Terradas, 2009), e Londres (City of London Urban Forestry, 2012) e em Lisboa o programa Stratum (Almeida, 2006).

O City Green é orientado para o planeamento e oferece análises estatísticas que permitem calcular o valor dos benefícios da arborização urbana tendo por base as condições específicas de cada local, considerando aspetos como: drenagem de águas pluviais, qualidade do ar, poupança energética, retenção de carbono, carbono não produzido, crescimento das árvores.

O programa Urban Forest Effects Model (Ufore), mais vocacionado para a gestão, manutenção e investigação, utiliza um modelo que se baseia em dados meteorológicos e poluição oferecendo dados sobre a estrutura da floresta urbana (composição, densidade, estado fitossanitário), emissão horária sobre componentes voláteis da floresta, influência

das árvores no consumo de energia nos edifícios, taxas de alergia, influência da transpiração das árvores.

O programa *Street Tree Resource Analysis Tool for Urban Forest Managers* (Stractum) destina-se a ser uma ferramenta de análise e gestão para apoiar os responsáveis pela arborização urbana estimando a quantidade de benefícios anuais que o arvoredo oferece à cidade (conservação de energia, melhoria da qualidade do ar, redução de CO₂ controlo do escoamento de águas pluviais e aumento do valor da propriedade urbana).

O método Stractum em Lisboa foi aplicado por Almeida (2006) sobre árvores de arruamento tendo chegado a uma relação benefício-custo de 4,5. Constatou-se que o benefício mais relevante se prende com a valorização do património imobiliário, seguindo-se o benefício proporcionado no domínio da hidrologia e, com menor peso, os benefícios relacionados com a poupança energética, melhoria da qualidade do ar e redução do teor de dióxido de carbono.

Tem-se vindo a referir essencialmente a valorização dos benefícios positivos das árvores porém estão associados à árvore valores funcionais negativos que podem ser calculados e quantificados, pois implicam trabalhos, materiais e seguros havendo valores de mercado definidos. Os valores funcionais negativos podem estar associados a:

- i. atividades inerentes à plantação e manutenção das árvores necessárias para assegurar o correto crescimento da árvore, realçar os seus valores funcionais e estéticos e melhorar as condições de saúde e qualidade ambiental nas cidades levando ao maior valor e bem-estar para a sociedade (Dwyer, 1995; Nowak *et al.*, 2004);
- ii. aumento do consumo da energia anual despendida por edifícios e arruamentos por ensombramentos e redução de luminosidade;
- iii. necessidade de recuperação de pavimentos e infraestruturas enterradas e compatibilização com estruturas aéreas;
- iv. agravamento de alergias e outros problemas de saúde perante determinadas espécies ou doenças das árvores;
- v. custos causados por quedas de ramos, troncos e árvores (Dwyer, 1995);
- vi. danos patrimoniais causados pela produção de resinas ou por exsudações das árvores geralmente associadas a patologias.

Os custos associados à arborização podem ser minimizados com manutenções corretas e monitorizações frequentes ao estado da árvore. Os custos podem ser compensados pelos benefícios económicos gerados por árvores podendo até tornar-se em mais-valias se assegurada longevidade e qualidade das árvores, o que implicará a consequente valorização do património vegetal (Nowak e Dwyer, 2007).

Tendo hoje os espaços urbanos limites imprecisos provocando problemas de fragmentação da paisagem, segregação social, exigências competitivas nacionais e internacionais e novos modelos económicos que geram novos modelos de ocupação e uso do espaço (Portas, 2005; Domingues, 2011^b) a estrutura ecológica é, cada vez mais, entendida pelos indivíduos como áreas de compensação da natureza/ruralidade/floresta que consideravam ter sido perdidos, oferecendo a manutenção dos sistemas ecológicos, preservação dos valores simbólicos e bem-estar.

A arborização urbana que integra a estrutura ecológica pondera hoje aspetos de carácter científico, técnico, complexidades e sensibilidades sociais e culturais e objetivos formativos, pelo que o seu planeamento, projeto e manutenção obrigam à participação de uma multiplicidade de atores, numa relação de interdependência, com objetivos compartilhados, tendo-se por resultado uma multiplicidade de formas, funções e objetivos que a arborização terá de cumprir em espaço urbano. Esta abordagem sobre como projetar e gerir a arborização urbana obriga a fazer avaliações e tomar decisões que terão como pressuposto básico os limites de uso e a capacidade de regeneração do meio (Jacobi e Sinisgalli, 2012) mas os tomadores de decisão e não tomadores de decisão (comunidade em geral) devem ser envolvidos nos processos, por terem objetivos comuns, onde são facilmente entendíveis os valores e importância social dos aspetos ambientais e, naturalmente, da arborização num processo de gestão equilibrado.

3.3 CONDICIONANTES AO DESENVOLVIMENTO DA ÁRVORE EM ESPAÇO URBANO

Tendo-se no ponto anterior refletido sobre como a arborização contribui para a melhoria do ambiente urbano e das condições de vida das populações torna-se agora necessário entender como a árvore é influenciada e condicionada pelo ambiente urbano principalmente no que diz respeito às inibições do crescimento e realização de funções,

levando a que tenha um comportamento distinto das árvores que se encontram nos espaços naturais ou rurais.

Sendo que a estrutura ecológica em espaço urbano deve desenvolver múltiplas funções (biodiversidade, recreio, integração do património, orientação e acompanhamento de percursos, entre outros) e ser elemento definidor e condicionador do desenho urbano, a árvore como elemento fundamental da estrutura ecológica por conferir função, legibilidade e significado ao espaço urbano só o consegue fazer se a sua instalação e crescimento for eficaz.

Assim a instalação e o crescimento da árvore tornam-se fundamentais para a definição da morfologia do espaço urbano.

Importa assim compreender como reagem as árvores morfológica e fisiologicamente, a nível subterrâneo e aéreo, às condicionantes bióticas, abióticas e às ações do homem no espaço urbano.

3.3.1 Clima

Como já se referiu as áreas urbanas apresentam características próprias no que diz respeito ao seu clima o que se deve, essencialmente, à alteração da superfície natural do solo por estruturas artificiais levando ao aumento das temperaturas e, eventualmente, ao desenvolvimento de “ilhas de calor”.

Estando-se a estudar espaços urbanos da AMP onde o clima é temperado, a maior condicionante à instalação e desenvolvimento das árvores em relação ao clima não se deve a temperaturas excessivamente elevadas mas à sensibilidade às temperaturas mínimas e às geadas uma vez que para a maioria dos animais e plantas a sobrevivência em relação à temperatura só se coloca para temperaturas abaixo de 0°C pelo congelamento da água e acima dos 55°C pela morte das células (Anexo C) (Oliver e Larson, 1996).

Nas árvores os problemas relacionados com as temperaturas baixas são visíveis no aparecimento de queimaduras nas folhas que podem levar à queda das folhas. Nos climas temperados os danos, regra geral, não são muito graves uma vez que troncos e raízes não são afetados por estas temperaturas baixas dado se verificarem num número reduzido de dias e horas. Geralmente, as árvores caducifólias ao se encontrarem em repouso vegetativo durante os períodos mais frios suportam melhor as baixas temperaturas e geadas dado não terem folhas e os gomos se encontrarem mais protegidos. As coníferas dadas as características das suas folhas também são pouco afetadas. No entanto existem árvores com maior sensibilidade às geadas precoces e tardias. As geadas de Primavera vão afetar as florações e as frutificações alterando fisiológica e esteticamente a árvore e as geadas de Outono vão afetar as árvores que ainda não perderam as suas folhas (Viñas, 1992; Oliver e Larson, 1996).

Tendo-se referido os aspetos negativos das temperaturas baixas e geadas também se tem de mencionar que temperaturas máximas superiores a 30°C podem afetar as árvores, pelo aumento da transpiração, pelo que se não existir água suficiente no solo para ser absorvida pelas raízes, a árvore sofre desidratação, levando à perda das folhas o que numa situação grave e prolongada pode levar à sua morte. As temperaturas elevadas podem também levar ao aparecimento de queimaduras em folhas e troncos (Almeida, 2006).

O aumento da temperatura, geralmente resultado da conjugação do tipo de revestimento das superfícies, alteração das áreas e tipologias vegetação e presença de poluentes, se não ultrapassados determinados limites, pode não ser negativo pois para a generalidade das plantas, promove frequentemente um aumento da produtividade primária líquida das árvores bem como alarga o leque de espécies a selecionar para o espaço urbano podendo-se escolher espécies mais meridionais (Almeida, 2006).

A humidade é outro dos componentes do clima que vai influenciar o crescimento das árvores, uma vez que a produtividade primária líquida das plantas depende da temperatura ambiente, da água disponível no solo e da radiação solar intercetada pela vegetação. No espaço urbano, dada a impermeabilização, compactação dos solos e sistemas de drenagem, frequentemente os solos apresentam défice hídrico podendo levar a que as árvores tenham redução das suas taxas de crescimento e alteração dos comportamentos usuais. Considerando as alterações climáticas e para espécies que se encontrem pior adaptadas pode haver o perigo de sobrevivência e dificuldades de regeneração, principalmente se ocorrerem com maior frequência e intensidade as situações extremas do

tipo secas e ondas de calor (Pereira, 2007^b), pelo que as alterações climáticas previstas potenciam estes problemas nas árvores.

As plantas jovens ou recentemente transplantadas são as mais afetadas pelos fatores relacionados com o stresse hídrico e temperatura por não possuírem sistemas radiculares profundos, com uma grande área de superfície de absorção, e as suas reservas de fotoassimilados serem diminutas, ao contrário do que acontece com árvores adultas que acabam por ser mais tolerantes ao stresse de temperatura e humidade (Taiz e Zeiger, 2010). Este aspeto pode contribuir para a ocorrência de maiores taxas de mortalidade durante os primeiros anos de vida das árvores. As árvores adultas têm maior resistência ao stresse hídrico, tal como as árvores que apresentam transpiração reduzida, e têm folhas estreitas, coriáceas e com maior capacidade de fechar os estomas.

As características das folhas também são importantes no controlo do stresse hídrico porque a transpiração estomática permite a saída de vapor de água da planta. Estando os estomas fundamentalmente situados na epiderme da folha é nelas que a regulação estomática se processa sendo um fator fundamental na resistência ao défice hídrico. As principais alterações morfológicas que as árvores sofrem quando ocorre défice hídrico são decréscimo da produção da área foliar, fecho dos estomas, aceleração da senescência e queda das folhas verificando-se a inibição do crescimento (Larcher, 2003).

Outro fator a estudar na relação entre clima e arborização urbana é o vento pois são vários os efeitos que se produzem dos quais se destacam as turbulências e o efeito pontual do aumento da velocidade do vento resultantes do próprio desenho urbano. O vento é uma das maiores cargas exercidas sobre as árvores sendo os seus efeitos refletidos de duas formas: alterações fisiológicas e alterações morfológicas (Larcher, 2003).

As alterações fisiológicas na árvore por ação do vento fazem-se sentir segundo Alcoforado (1984) sempre que se atingem velocidades superiores a 2m/s (7,2Km/h) por se verificar o aumento da transpiração e a redução do metabolismo (em especial da fotossíntese) não seguindo o crescimento das plantas o seu ritmo natural.

No entanto, os efeitos mais óbvios do vento sobre as árvores são os que advêm das alterações morfológicas e, sobretudo, das condições de tempestade próprias dos meses de Inverno, por vezes apresentando intensidades que podem levar a graves danos mecânicos implicando muitas vezes fratura, esgarçamentos e feridas, inclinação total ou parcial da árvore e até a eventuais quedas. Almeida (2006) refere que Mailliet e Bourgerly (1993) consideravam que os danos se fazem sentir geralmente com maior agudeza nas árvores

que se encontram mais envelhecidas ou que apresentam pontos de fragilidade, nomeadamente “(...) *antigas feridas de poda, zonas fragilizadas associadas às ligações dos tutores que não se vão adaptando ao crescimento da árvore, zonas de enxerto, zonas de bifurcação, etc.*” (Almeida, 2006: 16).

Sendo o vento a maior carga que as árvores têm que suportar, os danos mecânicos causados pelo movimento das massas de ar dependem das características dos indivíduos e espécie (idade, dimensão, densidade da folhagem, largura do fuste, densidade da madeira), condições físicas e fitossanitárias em que as árvores se encontram e severidade da ação do vento. Cada indivíduo, de determinada espécie, apresenta um nível de resistência diferente à força do vento. Para James (2003), as árvores mais jovens por serem mais flexíveis são mais resistentes aos ventos e Duryea e Kampf (2007) consideram que espécies de maior dimensão têm tendência a provocar mais estragos materiais do que espécies de menor dimensão por ação do vento tal como as espécies autóctones têm maior capacidade de resistência a furacões do que as espécies exóticas. Oliveira e Lopes (2007) consideram que as próprias árvores apresentam adaptações à força do vento como por exemplo, variação na grossura dos anéis de crescimento ou na forma dos ramos da própria árvore. Outros efeitos mecânicos também se fazem sentir em locais expostos a ventos permanentes como sejam fraturas ou encurvamentos de ramos em espécies pouco flexíveis.

3.3.2 Qualidade do ar

As concentrações dos poluentes presentes na atmosfera vão determinar a qualidade do ar e dependem de fatores socioeconómicos e das condições meteorológicas na área envolvente do emissor. Os principais poluentes que se podem encontrar na atmosfera e em elevadas concentrações devido às atividades antrópicas e como referido em 3.2.2 são monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), Ozono (O₃), hidrocarbonetos clorofluorados (CFCs), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), cádmio (Cd), dióxido de enxofre (SO₂) e partículas em suspensão (Almeida, 2006).

Tendo-se identificado quais os principais poluentes presentes em espaços urbano, torna-se necessário perceber que alterações fisiológicas e morfológicas vão as árvores sofrer quando da presença de contaminantes na atmosfera e se os contaminantes vão ser condicionantes do seu desenvolvimento e instalação em espaço urbano. Tendo as árvores capacidade de incorporar alguns dos elementos poluentes nos seus ciclos biológicos - funcionando inclusive como elementos depuradores - quando acima de determinadas concentrações, passam a evidenciar sintomas morfológicos e fisiológicos.

De entre todos os poluentes gasosos que se encontram na atmosfera, os que se consideram serem mais tóxicos para as árvores são: NO_x, SO₂, e O₃ troposférico. Os óxidos de azoto (NO_x) incluem o dióxido de azoto (NO₂) e o monóxido de azoto (NO) e têm origem em fontes antropogénicas, devendo-se fundamentalmente à queima de combustíveis fósseis e à queima em fontes naturais tais como as descargas elétricas na atmosfera ou certas transformações microbianas (Borrego *et al.*, 2009). Em processos de combustão, o azoto reage com o oxigénio, produzindo maioritariamente monóxido de azoto, oxidado posteriormente como NO₂, sendo este um gás tóxico, muito corrosivo e um forte agente oxidante. Quando em concentrações elevadas, os NO_x têm efeitos negativos nas árvores, provocando danos nos tecidos das folhas e redução do crescimento (Sieghardt *et al.*, 2005). Os NO_x também se encontram disponíveis no solo podendo ser absorvidos pelas raízes. As concentrações mais elevadas de NO_x estão localizadas próximas às avenidas que possuem intenso tráfego rodoviário, principalmente de veículos pesados.

O SO₂ é um gás altamente tóxico cujo principal sector responsável pela sua emissão é o industrial, sendo um gás acidificante, muito solúvel em água e que pode dar origem ao ácido sulfúrico (H₂SO₄), que por acidificação de águas e solos provoca lesões graves nas árvores que se encontram resumidas no Quadro 3.7. O SO₂ é considerado um dos poluentes mais tóxicos para as plantas, sendo absorvido pelas folhas e raízes e tem por principal consequência danos na cutícula das folhas danificando-a e provocando lesões internas nos tecidos foliares. Estas chuvas também provocam a acidificação do solo levando a eventuais toxicidades (Sieghardt *et al.*, 2005).

O O₃ desenvolve ações negativas e pode ocorrer em concentrações elevadas mesmo onde as fontes dos seus precursores são pouco significativas dado que resulta de reações fotoquímicas. Este gás não é emitido diretamente para a atmosfera sendo produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogénio e compostos orgânicos voláteis. Ao nível da vegetação o ozono pode ser responsável por perdas ou danos em diversas espécies dado reduzir a atividade fotossintética provocando quebras no

seu valor económico, bem como na qualidade e biodiversidade (Borrego, *et al.*, 2005). O O₃ entra nas folhas pelos estomas durante as trocas gasosas, sendo um gás altamente reativo pelo que é rapidamente decomposto indo afetar o crescimento da planta na parte aérea e subterrânea (Innes *et al.*, 2001; Felzer *et al.*, 2007).

As lesões visíveis na vegetação por contaminação de poluentes são geralmente a redução do crescimento, adelgaçamento de copa, alterações fenológicas e lesões foliares (cloroses e necroses). As lesões podem ser provocadas por um poluente ou simultaneamente por vários elementos poluentes mas também por aspetos nutricionais sendo por vezes difícil de identificar exatamente a causa do problema. De modo geral, os poluentes vão provocar diferentes tipos de consequências nas árvores dependendo das concentrações, tempos de exposição e combinação entre poluentes ou não. Ainda se terá que contar com a variabilidade genética dos indivíduos (uns mais resistentes que outros) e condições edafo-climáticas (Almeida, 2006).

Os aspetos relacionados com o clima têm influência na relação entre a emissão de poluentes e o efeito sobre a arborização por causa do efeito de dispersão e diluição destacando-se os efeitos do vento e pluviosidade, por exemplo os danos na arborização acentuam-se quando perante situações de tempo calmo e húmido. As temperaturas baixas não influenciam diretamente a dispersão dos poluentes mas levam a uma maior produção das taxas de emissão e à sua maior concentração junto ao solo dadas as maiores necessidades de aquecimento doméstico, comercial e industrial e ao maior número de veículos em circulação nestes dias (Borrego *et al.*, 2009). De acordo com Monteiro (1989) quando em situações anticiclónicas, em tempo calmo e sem ocorrência de vento a dispersão dos poluentes torna-se difícil. A mesma autora (2001^a: 859) refere que a precipitação permite a “*Limpeza da Atmosfera*” por poder retirar partículas e poluentes da atmosfera “*Ao fim-de-semana, a atmosfera, livre de novos inputs poluentes, tem melhores condições para que as gotas de água ascendam e utilizem os complexos mecanismos de crescimento, por colisão e coalescência, para atingirem as dimensões necessárias à sua queda sob a forma de precipitação*” (Monteiro, 2001^a: 861).

Os poluentes gasosos alcançam as árvores pela atmosfera ou pela chuva e as árvores vão responder de diferente forma à presença de poluentes também em função das diferentes fases do seu ciclo vegetativo. Árvores jovens têm reduzida capacidade de influenciar o seu ambiente e de criar microclimas distintos pelo que, quer os poluentes que vêm pela atmosfera quer pela chuva se depositam sobre a árvore, enquanto as árvores adultas vão alterar as condições microclimáticas reduzindo a luz (intensidade e qualidade),

alterando a temperatura, humidade, vento, criando condições que dificultam a deposição dos poluentes que se depositam pela atmosfera tanto para o interior da copa como para os estratos inferiores da copa. Quando conjugada a época do ano com o estado fenológico da planta verifica-se que as folhosas na resposta aos poluentes são mais resistentes, pois durante o Inverno as folhosas caducas encontram-se no período de dormência (Fischesser, 1981). No geral, as resinosas persistentes sofrem mais do que as folhosas e as coníferas com os poluentes, quer por apresentarem uma superfície foliar muito maior, quer por a conservarem por um intervalo de tempo maior. As árvores com folhagens compostas que se agitam facilmente com o vento dificultam a deposição de poluentes tornando-se mais resistentes (Fischesser, 1981).

O tipo e grau de gravidade dos sintomas que as árvores vão apresentar dependem em muito das quantidades e tempo de exposição a que estão sujeitas à ação dos poluentes podendo sofrer danos graves resultantes de concentrações elevadas, frequentes e, ou, prolongadas acabando por morrer ou sofrer danos crónicos resultantes quer da periodicidade de exposição quer de uma ação prolongada de certas concentrações de poluentes, obtendo-se nessas situações como consequências, enfraquecimentos lentos, acompanhados de menores rebentamentos, distúrbios no ciclo vegetativo e modificação gradual do coberto vegetal. Em termos globais, os efeitos nocivos dos poluentes nas árvores podem provocar: desequilíbrios na atividade metabólica alterando os processos fotossintéticos, respiratórios, de transpiração e de translocação de solutos na planta, perda de elementos nutritivos das folhas por lixiviação de elementos, efeitos antagónicos na absorção de nutrientes; destruição quer da clorofila, quer da cutícula e membranas celulares e enfraquecimento do sistema radicular (Viñas, 1992; Sieghardt *et al.*, 2005). A deposição de poluentes e partículas sobre as árvores reduz o seu valor estético, podendo-se apontar como principais efeitos negativos: películas negras que cobrem folhas e troncos, folhas com alteração de cor e folhas que caem precocemente não se obtendo as belas cores outonais, (Viñas 1992; Almeida, 2006). As principais alterações fisiológicas e morfológicas que ocorrem nas plantas decorrentes dos efeitos dos poluentes encontram-se resumidas no Quadro 3.7.

Quadro 3.7 Lesões provocadas nas árvores pelos poluentes presentes na atmosfera

Poluente e níveis de concentração tóxica para plantas	Origens do efluente	Principais sintomas	Efeitos fisiológicos provocados pelos poluentes
Ozono – O ₃ Muito nocivo para as plantas	Motores de combustão interna – circulação automóvel; Formação por ação da radiação solar essencialmente em dias de altas temperaturas e intensa radiação.	Folhas com pontilhagem, matização e clorose em ambas as páginas; Cor que varia de branco, bronze, castanho, preto. Pode ocorrer desfoliação prematura e atrofiamento.	Diminuição da fotossíntese; Abertura estomática; Danos na cutícula e membranas; Translocação reduzida de H.C na planta; Desequilíbrios nos processos de respiração e transpiração; Enfraquecimento do sistema radicular e regressão da micorrização.
Peroxi-acetil nitrato (PAN)	Motores de combustão interna (vapores de gasolina e gasolina queimada incompletamente).	Folhas prateadas, manchas branco claras a bronze na página inferior podendo vir a espalhar-se por toda a folha e parecer lesões iguais às do ozono.	
Dióxido de enxofre – SO ₂ Tóxico a partir da concentração de 0,3-0,5 ppm	Motores de combustão interna (inclui escapes de automóveis); Fumos de fábricas – unidades industriais.	Cloroses quando em baixas concentrações; Riscas esbranquiçadas no tecido das folhas quando em elevadas concentrações.	Diminuição da fotossíntese; Abertura estomática; Danos na cutícula e membrana; Translocação reduzida de H.C na planta; Acumulação nos cloroplastos; Perda de elementos nutritivos das folhas por lixiviação.
Dióxido de azoto – NO ₂ Tóxico a partir da concentração de 0,1-0,2 ppm	Forma-se pelo oxigénio e ozono presentes no ar e de fontes de combustão (Motores de combustão interna e caldeiras de aquecimento); Emissões naturais por descargas elétricas na atmosfera e atividades microbianas no solo.	Cor esbranquiçada ou bronze semelhantes às provocadas pelo Dióxido de Enxofre; Quando em pequenas concentrações inibe o crescimento.	Acumulação nos cloroplastos; Efeito antagónico na absorção de outros nutrientes.
Fluoreto de hidrogénio – HF tóxico a partir da concentração de 2-3ppm	Fumos de fábricas relacionadas com minérios e petróleo.	Nas dicotiledóneas a margem da folha e nas monocotiledóneas a extremidade da folha transformam-se em castanho-escuro podendo provocar perda de folhagem.	
Cloro (Cl) e Ácido clorídrico (HCl) Tóxico a partir da concentração de 0,1 ppm	Refinarias, fábricas de vidros, incineradores de plásticos.	Folhas esbranquiçadas e com áreas de necroses entre as nervuras. Margens das folhas com queimaduras frequentemente; Pode ocorrer queda prematura das folhas; As lesões por vezes parecem ser semelhantes às de SO ₂ .	
Etileno – CH ₂ CH ₂ Tóxico a partir da concentração de 0,05 ppm	Escape de automóveis; Combustão de gás, fuelóleo e carvão. É libertado quando do amadurecimento da fruta em armazéns.	Plantas com ar atrofiado; As folhas desenvolvem-se anormalmente e envelhecem prematuramente; Pouca produção de flores e frutos.	
Partículas PM 10	Poeiras de estradas. Fábricas de cimento, combustão de carvão; Chumbo proveniente de veículos; Pesticidas e herbicidas; Vulcões, sais alcalinos, erosão eólica.	Formação de camada de poeiras ou crostas na superfície das plantas; Aparecimento de necroses. Redução do crescimento podendo chegar a morrer; Quando as poeiras são tóxicas queimam os tecidos das plantas por contacto direto ou após dissolução com o orvalho ou chuva.	
Monóxido de Carbono (CO)	Provém principalmente das emissões de veículos a gasolina; Evaporação dos reservatórios de produtos petrolíferos.		

Adaptado de Almeida, 2006

3.3.3 Radiação

As árvores encontram-se totalmente dependentes da presença da luz para poderem realizar o seu processo fotossintético pelo que estão muito sujeitas e dependentes das condições de cada local. Ao contrário de outros fatores como a irrigação, a drenagem ou a adubação, a radiação não pode ser alterada por condições técnicas (Braga *et al.*, 1999). A quantidade e intensidade da radiação que chega à superfície de um determinado local depende da época do ano - movimento de translação e latitude (Pillar, 1995). Em cada local vão ainda interferir fatores específicos dos quais se destaca a inclinação das superfícies e sua exposição, ensombramentos provocados pelos elementos construídos (edifícios) e luz refletida pelas superfícies, que em espaço urbano são essencialmente: revestimentos de solo e edificado. As condições atmosféricas vão também condicionar a intensidade da radiação solar que atinge a superfície terrestre.

Considerando-se a localização de superfícies no Hemisfério Norte, as vertentes Norte no Inverno recebem o máximo de radiação em superfícies pouco inclinadas e pelo início da manhã e fim da tarde sendo que praticamente não recebem radiação entre o solstício de Inverno e os equinócios e recebem pouca radiação entre os equinócios e o solstício de verão. No que diz respeito às exposições Nascente e Poente, a quantidade de radiação que recebem não é muito diferente mas ocorre em horas distintas tendo influência na temperatura do ar e das plantas. A radiação recebida na exposição Nascente vai ser útil no aquecimento de superfícies (degelo, evaporação de orvalho) e a radiação recebida na exposição Poente vai provocar sobreaquecimentos nas superfícies que já se encontram aquecidas. As vertentes sul são as que recebem maior quantidade de radiação ao longo de todo o ano recebendo o máximo de radiação em superfícies inclinadas (Magalhães, 2001).

A exposição das encostas e quantidade de radiação recebida tem influência nas temperaturas e no crescimento das árvores. No geral, as árvores, quando totalmente expostas ao sol e sem outro tipo de fatores limitantes, crescem mais rapidamente estimando-se que necessitem de cerca de 6 horas por dia de radiação solar para obterem os seus melhores crescimentos (Almeida, 2006).

Quando as condições de luminosidade se afastam das condições ideais requeridas por cada espécie verificam-se adaptações, sendo exemplos de adaptações realizadas por árvores: menor densidade de ramos, alteração do tamanho e espessura ou inclinação das folhas e deformação da silhueta na procura por luz fazendo-se o seu crescimento nessa direção (Arnold, 1993; Pillar, 1995).

A sombra por vezes limita o processo da fotossíntese numa das partes da copa, levando a que o crescimento dos ramos laterais ensombrados passe a ser reduzido, tendo cada vez maior número de ramos mortos na parte inferior da zona ensombrada da copa e consequentemente cada vez menor densidade da copa (Pillar, 1995). A sombra pode levar à diminuição da atividade fotossintética podendo induzir a redução da parte aérea e radicular da árvore (Almeida, 2006) e assim condicionar o crescimento e desenvolvimento das árvores.

A distribuição desigual de luz pode levar a um maior desenvolvimento da copa do lado iluminado da árvore do que no lado sombreado levando a um crescimento assimétrico da copa podendo também ser um fator no surgimento de ramos epicórmicos resultado de gomos dormentes existentes nos ramos que são estimulados e que se desenvolvem. Esta última situação surge frequentemente quando as árvores ficam expostas à luz por abate das árvores vizinhas (Fowells e Means, 1990; Nicolini *et al.*, 2001).

As condições de luz não podem ser vistas de forma isolada tendo que ser ponderadas com outros fatores como as temperaturas, humidade do solo e ventos que também interferem nas condições de desenvolvimento da árvore (Pillar, 1995).

As espécies que conseguem sobreviver em condições de maior ensombramento são as que têm folhas com capacidade de realizar a fotossíntese em quantidade suficiente para a sobrevivência das partes aéreas e subterrâneas da planta mesmo com intensidades de luz baixas (Oliver e Larson, 1996).

A radiação vai influenciar o comportamento das árvores fundamentalmente devido a dois aspetos: intensidade e duração. Fowells e Means (1990) afirmam que intensidades luminosas muito altas podem inibir o processo de fotossíntese e que em árvores jovens, que normalmente se desenvolvem no sub-coberto, torna-se difícil realizar a fotossíntese numa taxa máxima se expostas a condições de exposição total de clareiras ou aberturas. Estudos realizados em folhosas verificaram que a taxa de fotossíntese não aumentava substancialmente com o aumento da intensidade luminosa (Fowells e Means, 1990). Vinãs (1992) afirma que as árvores de folha persistente e, principalmente as coníferas, resistem

melhor a condições de baixa luminosidade por terem as suas folhas em exposição à luminosidade ao longo de todo o ano, enquanto as caducifólias precisam de maior quantidade de luz pois só têm folhas durante uma parte do ano.

São vários os fatores presentes nas árvores que vão influenciar a sua capacidade de receber radiação e realizar fotossíntese, destacando-se os relacionados com o arranjo das folhas e o sombreamento mútuo resultado da organização e da morfologia das folhas, e, possivelmente, da concentração de clorofila das folhas (Fowells e Means, 1990).

Outro aspeto que condiciona a receção da radiação solar pela árvore é a sua forma/silhueta. As árvores com silhuetas colunares são frequentemente encontradas em altitudes e latitudes altas enquanto as silhuetas cónicas e mais horizontais são mais frequentemente encontradas em latitudes mais baixas. A forma da árvore e a relação com a altitude/latitude tem sido atribuída à eficiência de absorção da luz. A forma da silhueta permite que os raios de luz se encontrem perpendiculares com o tronco de árvore durante grande parte do dia e ano nas altas latitudes e a forma colunar dá uma exposição máxima à luz solar direta. Nas latitudes baixas, o sol, com incidência mais perpendicular dá às copas horizontais a exposição máxima (Oliver e Larson, 1996).

As condições ambientais também afetam as taxas fotossintéticas considerando Fowells e Means (1990) que são mais influentes do que as características intrínsecas da espécie. Por exemplo, estudos realizados em *Pinus banksiana*, verificaram que as taxas de fotossíntese variavam de acordo com a época do ano (Fowells e Means, 1990).

3.3.4 Solos

O solo que se pode encontrar nos espaços urbanos apresenta características próprias e sem relação com os solos naturais da área geográfica em que se encontra, tendo origem antrópica e resulta de aterros heterogêneos com materiais provenientes de vários locais resultando numa grande variedade vertical e espacial de camadas, com modificação da estrutura, presença de crosta sobre a superfície nas zonas de solo descoberto que se torna frequentemente impermeabilizante, com pH alterado com tendência para ser ácido e pobres em matéria orgânica (Crow, 2005).

É nas camadas mais superficiais que, regra geral, as raízes crescem num padrão de dispersão superficial, principalmente nos primeiros 60 cm do solo (80-90% das raízes das árvores) e, para além da área de projeção dos ramos das árvores (Arnold, 1993; Crow, 2005). As árvores jovens apresentam uma raiz que resulta do desenvolvimento de um único eixo, a raiz principal, havendo ramificação em raízes laterais que vão crescendo para formar um sistema extensivamente ramificado. Na maioria das espécies, a dominância vertical da raiz diminui muito cedo sendo substituída por raízes secundárias. Em profundidade não vão existir quantidades substanciais de raízes (profundidades superiores a 2m) podendo sempre ocorrer raízes isoladas extensas e profundas em solos profundos e soltos (Gilman, 1990), mas normalmente entre 90 e 99% do comprimento total da raiz de uma árvore ocorre na camada superior de 1m do solo, pelo que o volume de solo disponível para o desenvolvimento radicular é um aspeto fundamental para o crescimento e desenvolvimento da árvore. Este padrão habitual de crescimento e dispersão das raízes poderá ser afetado pelo tipo de solo, espécie da árvore, idade, saúde, stresse ambiental, densidade de plantação e manutenção (Crow, 2005).

Um grande número de árvores em espaço urbano não sobrevive aos dois primeiros anos pós-instalação (Arnold, 1993), sendo que tão baixas taxas de sobrevivência se justificam pela presença do ambiente adverso ao enraizamento das árvores o que se deve fundamentalmente à presença de solos mal estruturados, pobre composição e aos pequenos volumes de solo disponíveis, que no seu conjunto acabam por levar à compactação, falta de oxigenação e ineficiente drenagem, consequente desenvolvimento de crostas quando em solo nu, e variabilidade excessiva da qualidade textural e química resultante de frequente perturbação e resíduos enterrados (Day e Bassuk, 1994).

Um dos principais fatores associados aos solos urbanos que se apresenta como sendo condicionador da instalação e crescimento das árvores é a compactação (Day e Bassuk, 1994). Entende-se por compactação a compressão exercida por um solo não saturado durante a qual existe um aumento da sua densidade em consequência da redução de seu volume resultante da expulsão de ar dos poros do solo (Gupta *et al.*, 1989), sendo que quando a compactação é excessiva promove um ambiente anaeróbio que associado à impedância mecânica⁵ afeta significativamente o alongamento e a saúde da raiz, o equilíbrio dos organismos patogénicos (Allmaras *et al.*, 1988), limita a adsorção e absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água e as trocas gasosas tendo por consequência a

⁵ Entende-se por impedância mecânica a resistência do solo ou substrato à penetração da raiz sendo uma das causas de variação do crescimento das raízes. Quando existem poros contínuos maiores do que as raízes nos solos, estas crescem havendo baixa impedância mecânica. Se tais poros não existem, a extremidade da raiz terá que exercer uma força para deformar o solo; a resistência do solo contra essa deformação deve ser menor do que a pressão exercida pela própria raiz para permitir que a raiz se alongue não condicionando o crescimento (Fermiro e Kämpf, 2006).

redução do crescimento da árvore (Martins, 2008) tal como pode originar uma sintomatologia de *dieback*⁶ e, em casos mais extremos, pode levar à morte tanto de árvores recentemente plantadas como de exemplares adultos (Day e Bassuk, 1994; Martins, 2008).

Sendo a densidade do solo frequentemente utilizada para caracterizar a compactação do solo Bühler *et al.*, (2007) realizaram ensaios para avaliar o crescimento da raiz de *Quercus robur* perante diferentes densidades do solo tendo-se verificado que os crescimentos cessaram quando se excedia uma densidade de solo 1,5 g/cm³. Ensaio semelhantes em árvores jovens de *Malus domestica* permitiram verificar que os crescimentos das raízes passaram a ser reduzidos, tal como de área foliar, tamanho da folha e peso seco das folhas, rebentos, e raízes quando os solos apresentavam densidades de 1,5 g/cm³.

As espécies apresentam diferenças quanto à capacidade das suas raízes penetrarem solos com determinada resistência mecânica e textura. As texturas e os níveis de humidade influenciam a capacidade das árvores penetrarem as suas raízes no solo. Por exemplo um solo argiloso é completamente impenetrável quando seco mas pode ser muito facilmente penetrado quando saturado. Isto pode ser verdadeiro para um grau muito menor para um solo arenoso (Day e Bassuk, 1994).

No entanto, para que a árvore tenha um bom desenvolvimento é desejável que haja alguma compactação do solo, promovendo o crescimento do sistema radicular e levando a que a árvore possa desenvolver todas as suas funções mecânicas e metabólicas (Passioura, 1991). As raízes utilizam os espaços vazios que ocorrem entre os agregados para se estenderem pelo que quando existe alguma resistência mecânica as raízes diminuem de diâmetro para penetrar nos pequenos poros, verificando-se o estímulo e a proliferação das raízes laterais, que são mais finas (Russel e Goss, 1974).

O conteúdo de oxigênio no solo é um fator limitante do crescimento e atividade da raiz sendo considerado por alguns autores que o conteúdo mínimo no solo é de 10% porque abaixo deste nível pode ocorrer a estagnação da atividade raiz (Allmaras *et al.*, 1988; Kopinga, 1994) verificando-se anoxia e acumulação de substâncias tóxicas e em torno das raízes, fenómenos que ocorrem quando o oxigênio da atmosfera não pode entrar e mover-se através do solo a um ritmo suficiente para satisfazer as necessidades respiratórias das

⁶ Entende-se por *dieback* a morte progressiva de gomos e ramos, partindo da ponta (extremidade) do ramo, em direção à sua base. Pode ser causada por muitos fatores, como fungos, bactérias, temperaturas baixas, seca, drenagem e oxigenação deficiente, bem como toxicidade química e ataque de insetos.

raízes das plantas e microflora associada ao solo (Allmaras *et al.*, 1988), podendo em casos prolongados comprometer a sobrevivência da árvore (asfixia radicular) (Almeida, 2006).

Outros fatores como drenagem de superfície e sub-superfície também podem ser limitados pela compactação de solo. Os solos compactados têm um número insuficiente de macroporos e estes podem permanecer cheios de água por períodos mais longos do que em um solo bem agregado (Day e Bassuk, 1994).

No que diz respeito ao movimento da água é difícil de caracterizar em solos perturbados o que geralmente ocorre nos solos urbanos (Day e Bassuk, 1994). As crostas superficiais podem restringir a infiltração de água e assim aumentar o escoamento, retardando o movimento da água através do perfil do solo. Uma outra faceta da relação entre compactação e movimento da água é a diminuição da força do solo resultante de um aumento na humidade do solo (Day e Bassuk, 1994).

Estudos desenvolvidos por Ruark *et al.* (1982) constataram o declínio de árvores em ruas devido às propriedades físicas do solo que levaram ao aparecimento de uma crosta na superfície do solo que impedia a infiltração da água e as trocas gasosas provocando a morte das raízes.

A compactação do solo é um dos parâmetros que conduz à diminuição da longevidade das árvores e à redução do seu crescimento (Martins, 2008; 2010) porque leva à menor absorção de água e nutrientes pelas raízes, o que depende das características e extensão da raiz, quantidade e densidade das raízes e associações com micorrizas (Allmaras *et al.*, 1988). Se o crescimento da raiz é condicionado pela compactação do solo, o menor volume de solo explorado pelas raízes resulta num menor reservatório de água e nutrientes disponível para a planta sendo por vezes difícil separar os efeitos do stresse hídrico e impedância mecânica sobre o crescimento em altura. Alguns estudos indicam que o efeito da restrição de raiz no crescimento em altura é independente do abastecimento de água (Krizek, *et al.*, 1985; Day e Bassuk, 1994). Verificou-se que plantas em vasos menores tiveram um crescimento muito reduzido mesmo quando foram regadas várias vezes ao dia, o que se deve ao facto de haver menor crescimento da raiz levando a menor capacidade de absorção total de água pelas plantas mesmo quando sujeitas a adequada e frequente irrigação. Um resultado semelhante pode ocorrer quando a área de enraizamento é limitada pelo facto de o solo se encontrar compactado.

A determinação de qual o volume de solo necessário para que uma árvore possa crescer em condições e sem obstruções em espaço urbano é difícil, havendo diferentes abordagens e recomendações por diferentes autores não havendo nenhuma metodologia, normativa ou processo que seja consensualmente aceite. Para Kopinga (1991), a determinação do volume de terra necessário ao desenvolvimento de uma árvore pode ter três abordagens de acordo com as circunstâncias: a) investigação de campo onde para uma determinada situação o volume de solo enraizado é avaliado da forma mais precisa possível sendo relacionado com as diferenças no crescimento da árvore; b) cálculos baseados nas necessidades de água de uma árvore e capacidade que o local tem para fornecer a água necessária para o crescimento; e c) cálculo tendo por base as necessidades em nutrientes da árvore em relação à presença e disponibilidade de nutrientes no solo.

Kopinga (1991) considera que a determinação do volume de solo necessário para o desenvolvimento da raiz tendo por base o cálculo de nutrientes e necessidades de água não são abordagens eficientes dadas as correções que podem ser aplicadas durante a manutenção obtendo-se dados pouco fiáveis. Relativamente às abordagens baseadas em investigação de campo apresenta um conjunto de estudos realizadas por vários autores indicando-se os de Schoenfeld em 1975 sobre plantações de *Ulmus x hollandica* adultos plantados em arruamento que permitiram observar que as árvores crescem quando a quantidade de solo disponível para a raiz é igual ou superior a pelo menos 45m³. No entanto, verificou-se um crescimento deficiente quando o volume de solo disponível era inferior a 10m³. Os estudos de Schoenfeld e Van de Burg realizados em 1984 sobre *Populus x euramericana* em árvores com 20 anos demonstraram haver bons crescimentos com volumes de solo compreendidos entre 50-60m³, e Helliwell em 1986 realizou estudos tendo indicado como regra que uma árvore necessitava de um volume de solo aproximadamente igual a um décimo do volume da sua copa para a situação do clima do sudeste da Inglaterra. No entanto, Helliwell (1986) também calculou que dependendo do défice de humidade do solo durante a estação de crescimento e fertilidade do solo, o volume de solo necessário para o desenvolvimento das raízes de uma árvore com um volume de copa de 1000m³ poderia variar de 25m³ a 300m³.

Arnold (1993) considera que as árvores têm alguma capacidade de adaptação na relação que podem estabelecer entre dimensões da raiz necessárias para o seu desenvolvimento e volume de terra disponível. Este aspeto foi verificado em estudos realizados sobre raízes de árvores situadas nas cidades de Cornwall e Highlands no estado de Nova Iorque, onde se observaram variações na relação entre o desenvolvimento da copa e da raiz de um para cinco para a mesma espécie em diferentes locais. O mesmo estudo

indicava que variações locais de textura do solo resultavam em diferenças significativas no desenvolvimento radicular. Novak *et al.* (1990) desenvolveram estudos sobre competição radicular tendo avaliado árvores jovens plantadas em Berkeley tendo chegado a um índice de competição entre sistemas radiculares que foi concebido para avaliar o impacto relativo de competição entre árvores tendo considerado que quaisquer 2 árvores entravam em competição entre si se a distância entre elas fosse inferior a duas vezes a altura da árvore mais alta e Bühler *et al.* (2007) avaliaram o crescimento das árvores face ao tipo e volume de solo disponível em plantações de árvores (*Tilia* sp.) em Copenhaga tendo obtido maiores crescimentos da raiz e da árvore quando as plantações se realizaram em covas profundas e grandes áreas (mais de 12m²) mesmo quando se utilizavam solos convencionais concluindo que o volume do solo era essencial para o crescimento da árvore.

Como referido as árvores quando jovens apresentam uma raiz que resulta do desenvolvimento de um único eixo que se vai ramificando até se constituir um sistema extensivamente ramificado pelo que a disponibilidade de volume de solo é condição essencial para assegurar o crescimento da raiz e da árvore.

3.3.5 Água

A água existente no solo e disponível para as plantas provém, em condições naturais, da precipitação e, em alguns casos, da ascensão capilar. Pode também ser fornecida artificialmente ao solo através da rega. A água proveniente por ascensão capilar no espaço urbano é pequena, porque sendo proveniente de lençóis freáticos dificilmente chega às plantas, dado os lençóis freáticos em espaço urbano se encontrarem geralmente em profundidade não sendo fácil às plantas disfrutarem da sua utilização (Palomo, 2003). A água proveniente da precipitação incidente pode ser limitada em muitas áreas e pode não ser suficiente para satisfazer as necessidades de água das plantas (Clark e Kjeigren, 1990).

Para as árvores, quer o excesso de água quer o défice, são prejudiciais ao seu desenvolvimento. Quando os solos se encontram saturados e os poros preenchidos durante longos períodos, o arejamento radicular fica afetado havendo inibição da atividade respiratória por parte das raízes levando à redução da atividade da planta e, em caso de

ação prolongada no tempo, a asfixia radicular pode levar inclusive à morte da árvore. Por oposição, quando se verificam períodos de secura prolongada as plantas manifestam sintomas de stresse hídrico que passam por murchidão das folhas e, em caso de prolongamento no tempo, dá-se o aparecimento de necroses foliares marginais (Almeida, 2006: 13). Os défices de água que se podem verificar nas plantas dependem da relação entre a absorção e a perda de água. A absorção de água está relacionada com a dimensão reservatório de humidade do solo e presença de raízes para absorver essa humidade. (Clark e Kjeigren, 1990).

A água é um fator do qual depende a sobrevivência das árvores. Se o solo não tiver a humidade necessária, e se esse período for suficientemente longo, a árvore começa a ter dificuldade em compensar as perdas e vai desenvolver reações que passam por aumentar o seu sistema radicular à custa da diminuição de crescimento das suas partes aéreas. À medida que o défice aumenta sucedem-se reações como o encerramento dos estomas e a suspensão da fotossíntese na tentativa de com estas reações reduzirem o potencial de água nos seus tecidos (Verslues *et al.*, 2006).

Quando não existe água suficiente para equilibrar as perdas, a planta vai perdendo gradualmente água podendo chegar a situações em que o défice é tão elevado que o crescimento das raízes, caules e folhas pára por não ser possível expandir novas células. As alterações no crescimento das árvores por défice hídrico fazem-se sentir ao nível do solo e parte aérea e, em situações de défice muito grave e prolongado, pode-se chegar ao ponto da planta morrer (Bradshaw *et al.*, 1995). Por observação do crescimento efetivo da raiz perante uma situação de grande défice (seca), verifica-se que o alongamento da raiz cessa quase imediatamente e que a suspensão do crescimento não se resume apenas ao período de duração da seca, ou seja, o crescimento da raiz é extremamente sensível à seca (Bradshaw *et al.*, 1995).

Os efeitos da seca no crescimento da árvore e nas folhas são claramente visíveis, pois dá-se a paragem do crescimento e do desenvolvimento da folhagem seguindo-se em fases mais avançadas o emurchecimento das folhas que seguidamente passam a castanhas acabando por cair o que se encontra relacionado com a suspensão do crescimento da raiz, pois começa a haver deficiência na absorção de nutrientes e, em resultado, toda a fisiologia da árvore fica sob stresse não só da água que falta, mas também da falta de nutrientes (Bradshaw *et al.*, 1995).

Embora uma árvore possa sobreviver a períodos de stresse hídrico, existem sérias implicações no desenvolvimento e crescimento subsequente, sendo que o seu potencial de crescimento ficará seriamente enfraquecido, principalmente porque ficou afetado o seu desenvolvimento radicular. Para Bradshaw *et al.* (1995), o tamanho do sistema radicular de uma árvore sujeita a déficit hídrico é potencialmente muito menor do que o de uma árvore regada comparável, pelo que árvores com um sistema radicular mais pequeno terão menor potencial para explorar as reservas de água do solo e tolerar períodos de seca.

De acordo com Gilbertson e Bradshaw (1985) o crescimento lento e o declínio das árvores nos espaços urbanos é frequentemente atribuído à deficiência de água no solo. As árvores de arruamento recém-transplantadas morrem se não for fornecida água (rega), e árvores adultas podem morrer durante secas periódicas (Clark e Kjelgren, 1990). Nas árvores recentemente plantadas considera-se ser necessário que, durante a sua instalação e em períodos de stresse hídrico, seja fornecida a água necessária à árvore (Bradshaw *et al.*, 1995).

O modo como as árvores usam a água varia quer ao longo de um dia, quer ao longo das estações e as perdas de água pela planta são potencializadas pelas condições atmosféricas (CO_2 , radiação solar, humidade, temperatura, vento), limitadas pelo reservatório de humidade do solo (volume e condições do solo disponíveis) e modificada pelas características específicas de cada indivíduo (Clark e Kjelgren, 1990).

As árvores podem ser incapazes de suprimir os défices internos de água caso a humidade do solo se esgote por períodos prolongados o que pode levar ao desenvolvimento de estratégias que lhes permitem reduzir a perda de água, mas a partir de uma determinada fase de agravamento começam a manifestar-se sintomas mais visíveis da seca. Pode-se indicar como sintoma mais frequente a intensificação da senescência das folhas mais velhas, ação que tem por função concentrar a água e nutrientes nas folhas mais novas e reduzir a transpiração (Munné-Bosch e Alegre, 2004).

Algumas árvores conseguiram mesmo sofrer adaptações para poderem resistir ao stresse hídrico. As adaptações são de carácter hereditário e conferem a capacidade de sobreviver a condições de seca repetidas. Estas adaptações ocorrem como processos evolutivos, ao longo de muitas gerações, em resposta a contínuas condições de seca em meio natural (Clark e Kjelgren, 1990) podendo dar-se como exemplos: cutícula relativamente espessa nas folhas, estomas mais pequenos e pouco frequentes, pelos nas folhas que as protegem do sol ou substâncias resinosas que cobrem as folhas. Como adaptações mais

drásticas têm-se a redução de folhas a espinhos (como em grande parte dos catos) e a queda das folhas na estação seca.

As árvores transplantadas constituem um caso específico porque têm que regenerar as raízes, pelo que na maioria dos casos, são apenas capazes de resistir a períodos de seca de poucas semanas durante a fase de instalação e início de crescimento. Há também evidências de que, uma vez que uma árvore se tenha restabelecido num novo local tendo sido aplicadas regas regulares, a árvore enfraquece a sua resistência à seca se o fornecimento de água de rega terminar (Arnold, 1993).

Muitas das árvores situadas em espaço urbano encontram-se plantadas isoladamente ao contrário do que acontece nas condições naturais. O isolamento das árvores cria um conjunto diferente de condições microclimáticas na sua envolvente e aumenta as perdas por evaporação. O comportamento estomático de árvores isoladas encontra-se mais dependente das condições atmosféricas do que as árvores em povoamentos florestais densos, resultando numa maior utilização de água (Clark e Kjelgren, 1990).

Também a distribuição e seleção das espécies nos espaços urbanos difere das situações florestais. Nos espaços urbanos, as árvores de folha caduca predominam sendo um aspeto significativo quanto à exigência no uso de água, uma vez que as plantas de folha perene são geralmente mais tolerantes à seca do que plantas de folha caduca que usam maior quantidade de água (Clark e Kjelgren, 1990).

Harris (1983), quanto ao consumo de água, agrupa as plantas em 3 categorias: *evaders* (preventivas), *conservers* (economizadoras) e *spenders* (consumidoras). Nas zonas temperadas observou que as árvores de folha caduca eram essencialmente *spenders* (consumidoras) e que correspondiam a plantas que desenvolveram comportamentos que permitem manter níveis de água altos na planta, mesmo com défice de água no solo utilizando dois mecanismos: 1) sistemas de regulação osmótica e 2) raízes mais extensas.

É prática comum recorrer-se a listagens de plantas indicadas como tendo "tolerância à seca", resultantes de observações de campo, podendo dar-se como exemplos as observações realizadas por Gerhold *et al.* (1979) e Berrang *et al.* (1985). No entanto, ao contrário do que poderia parecer, não é claro que sejam as espécies "tolerantes à seca" as que melhor respondem às condições presentes nos espaços urbanos. Whitlow e Bassuk (1988) observaram que plantas *spenders* como seja o caso do *Fraxinus pennsylvanica* e plantas *conservers* como é o caso da *Tilia cordata* eram ambas bem-sucedidas como

árvores de arruamento na cidade de Nova Iorque. Se árvores *spenders*, com seus extensos sistemas de raiz, criarem mais problemas do que árvores *conservers* pela destruição dos pavimentos então estas questões terão que ser ponderadas na seleção das árvores a plantar em espaço urbano (Clark e Kjeigren, 1990).

A exigência de água pelas plantas e a água disponível no solo dependem de muitos fatores mas, em espaços urbanos, árvores recém-transplantadas sem água suplementar têm taxas de sobrevivência baixas. O cálculo das necessidades de água das árvores, de acordo com Bradshaw *et al.* (1995) é difícil correspondendo a valores superiores do que usualmente as pessoas pensam porque dependem de muitos fatores variando de dia para dia e de hora para hora (planta, solo, microclima).

Pode-se dizer que uma árvore pode sobreviver a períodos e ciclos limitados de stresse hídrico, mas estas situações não deixam de ter sérias implicações no seu desenvolvimento e crescimento subsequente (Bradshaw *et al.*, 1995).

3.3.6 Pragas

Sendo a adaptação das árvores ao ambiente urbano difícil pelas condicionantes a que estão sujeitas, frequentemente se desenvolvem de modo debilitado, oferecendo fragilidades que vão permitir o ataque por fungos ou insetos que vão provocar problemas de estabilidade estrutural e uma imagem estética negativa (Almeida, 2006).

O aparecimento de pragas pode assim resultar de vários fatores de perturbação presentes nos diferentes ecossistemas urbanos, que vão potencializar a presença das espécies nocivas quando associado à presença do hospedeiro suscetível e, ou, à ocorrência de condições edafoclimáticas oportunas (Ramos e Caetano, 2003; Almeida, 2006). O homem pode ainda potenciar estas situações ao introduzir novas espécies e, ou, ao alterar as condições edafoclimáticas, criando condições para o desenvolvimento de espécies nocivas. As condições ecológicas impostas pelo espaço urbano e atividades humanas que aí se desenvolvem influenciam fortemente o desenvolvimento da árvore promovendo a presença dos agentes patogénicos que lhes estão associados. É sabido que alguns fungos, tais como o *Ganoderma australe* ou *Abortiporus biennis*, ocorrem quase exclusivamente em

áreas de ocupação humana ou influenciada pela atividade humana, e são designadas espécies sinantrópicas (Tello *et al.*, 2005).

Outros aspetos a ponderar na seleção de árvores relacionam-se com a introdução de espécies exóticas, pois podem ser provenientes de países onde os agentes patogénicos e hospedeiros se encontram em equilíbrio mas, quando introduzidos noutro país, podem ser totalmente destrutivos para as espécies desse outro país (Bradshaw *et al.*, 1995).

A utilização de espécies resistentes a pragas é desejável. Tradicionalmente a obtenção de resistência a determinada praga por parte de uma espécie obtinha-se por cruzamento e combinação de genes por reprodução. Trata-se de um método que se foca na obtenção de resistência para um único gene (Sæbø *et al.*, 2005). Quando se tem que obter situações de multirresistência este é um método difícil e lento e, geralmente, a solução passa pela alteração genética. O uso da manipulação genética em árvores pode apresentar novas oportunidades mas torna-se sempre necessária uma cuidadosa avaliação das consequências, tal como de uma contextualização num quadro regulamentar. No entanto, em espaço urbano, dada a diversidade de espécies que se pode utilizar os problemas associados com pragas podem ser resolvidos recorrendo-se a métodos já conhecidos e que passam pela não utilização de plantas que sejam hospedeiros de pragas graves, privilegiar-se a utilização de espécies e variedades de árvores que sejam suficientemente tolerantes ou resistentes, dar ótimas condições de crescimento e boas condições de manutenção às árvores. Sæbø *et al.* (2005) consideram que quando se propiciam estas condições, as árvores serão saudáveis a maior parte do tempo. Os mesmos autores referem que os problemas com pragas aumentam se as espécies forem sobre utilizadas pelo que recomendam a utilização de maior variação em espécies e mesmo em géneros (Sæbo *et al.*, 2005).

Para a máxima proteção contra pragas Santamour (1990) referido em Sæbø *et al.*, (2005) sugere que a arborização urbana não deve conter mais que 10% de qualquer espécie, não mais de 20% das espécies de um qualquer género e não mais de 30% das espécies de uma família.

Os ataques dos agentes patogénicos sobre as árvores provocam alterações no seu metabolismo que se manifestam de várias formas, podendo-se dar como exemplos, a deformação de ramos e folhas, descoloração de folhas, podridão nos órgãos internos e exsudações de resinas e, quando sujeitas a ataques intensos, pode levar à sua morte (Viñas, 1992).

A presença de agentes patogénicos é, regra geral, logo visível e em espaço urbano os aspetos de ordem estética e estabilidade estrutural têm grande importância, pelo que, quando surgem sintomas associados à presença de espécies nocivas, as árvores acabam muitas vezes por ser sujeitas a podas na tentativa de as melhorar, mas em muitas das situações tem-se por resultado lesões com necroses e cloroses das folhas, cancrios, podridões e cavidades nos troncos, podridões das raízes, etc., o que vai agravar ainda mais a estabilidade estrutural e o valor estético da árvore (Almeida, 2006).

São muitas vezes as operações de manutenção que, quando incorretamente executadas, se têm revelado como promotoras do aparecimento de pragas nas árvores. Por exemplo, *Ganoderma resinaceum* e *Meripilus giganteus* são fungos geralmente encontrados na base dos troncos, que foram danificados quando do corte dos relvados. Os ferimentos mecânicos reduzem a vitalidade das plantas lenhosas e assim diminuem a resistência das plantas aos agentes nocivos (Tello *et al.*, 2005).

Um estudo realizado entre 1999 e 2001 (COST Action E-12 - *Urban and Forests and Trees*), que envolveu 17 países concluiu que os géneros arbóreos mais utilizados em parques e arruamentos no sul e centro da Europa e que mais frequentemente enfrentam problemas com pragas são: *Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Cupressus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Picea*, *Pinus*, *Platanus*, *Populus*, *Prunus*, *Quercus*, *Robinia*, *Salix*, *Tilia* e *Ulmus* (Pauleit, *et al.*, 2002; Sæbø *et al.*, 2005).

De modo indicativo e não exaustivo, apresentam-se os mais frequentes problemas fitopatológicos verificados nas árvores de arruamento, parques e jardins dos espaços urbanos portugueses com base em estudos e opiniões de especialistas.

Em *Cupressus* sp. é possível encontrar *Seiridium cardinale* e *Seiridium unicorde* que são fungos causadores do cancro cortical dos ciprestes (Ramos e Caetano, 1999). Ainda de acordo com as mesmas autoras os afídios (*Cinara cupressi*) são responsáveis pelo aparecimento de ramos secos e debilidade nestas árvores.

Em *Populus* sp. pode aparecer um grande número de patologias, podendo-se destacar a broca grande do choupo (*Saperda carcharias*), gorgulho do choupo (*Cryptorhynchus lapathi*) e lagarta perfuradora do choupo (*Paranthrene tabaniformis*). Estas pragas levam ao aparecimento de galerias ao longo dos troncos podendo as árvores jovens ficar muito suscetíveis às ações do vento. O gorgulho do choupo e a lagarta perfuradora do choupo também podem aparecer em salgueiros (*Salix* sp.), bétulas (*Betula* sp.) e amieiros (*Alnus* sp.) (Eurosilvasur, s/d). Ainda pode aparecer *Lymantria dispar* que vai provocar

intensa desfolha com impacto negativo no crescimento das árvores (Massavanhade, 2010). Quanto aos fungos podem aparecer diferentes podridões causadas por basidiomicetes lenhícolas. Os choupos são muito sensíveis a fungos que atacam as folhas dos quais se destacam a antracnose (fungo – *Marssonina brunnea*) e a ferrugem (fungo – *Melampsora*) (Almeida, 2006).

Em *Eucalyptus sp.* são frequentes problemas com insetos destacando-se a chamada broca do eucalipto (*Phoracantha semipunctata*) que pode provocar a morte das árvores, e que ataca preferencialmente árvores enfraquecidas devido ao stresse hídrico e troncos e ramos recém cortados (Sousa *et al.*, 2008). O gorgulho do eucalipto (*Gonipterus platensis*) é um inseto desfolhador que se alimenta de folhagem recente tanto no estado de larva como no estado adulto provocando graves problemas no desenvolvimento da árvore e baixa qualidade estética. Outro inseto, piolho do eucalipto (*Ctenarytaina eucaypti*), provoca graves danos porque ataca folhas jovens e rebentos jovens, geralmente nos dois primeiros anos podendo vir a causar a morte da árvore (Cadahia e Rupèrez, 1979). Também se observam problemas resultantes da ação de fungos (*Phellinus torulosus*) que provocam a podridão branca do cerne (Almeida, 2006). O cancro do eucalipto provocado por *Botryosphaeria dothidea* também pode surgir em pinheiros (*Pinus sp.*) e ciprestes (*Cupressus sp.*) manifestando-se na presença de zonas necróticas na casca que fendilha em volta da lesão e subsequentemente aparece um exsudado vermelho escuro provocando lesões na árvore (Eurosilvasur, s/d).

Em *Fagus sp.* pode aparecer a cobrilha (*Coroebus undatus*) que vai provocar manchas amareladas na casca devidas a exsudações da árvore como reação à atividade larvar (Eurosilvasur, s/d). Em *Fraxinus sp.* é comum aparecerem insetos como *Euproctis chrysorrhoea* e *Lymantria dispar* que podem causar desfolhas importantes que vão reduzir severamente o crescimento das árvores (Sousa *et al.*, 2008). Em *Platanus sp.* é frequente o aparecimento da antracnose dos plátanos provocada por *Apiognomonina veneta* e oídio por *Microsphaera platani*, que se manifestam principalmente nas folhas destas árvores. Quanto ao tronco e ramos pode-se manifestar podridão branca devida à presença do *Inonolus hispidus* (Almeida, 2006). Em *Liquidambar sp.* observam-se resinas causadas pelos fungos de *Phytophthora*. O principal sintoma reflete-se na exsudação de resina em ramos e troncos e escurecimento dos tecidos localizados abaixo da casca, sendo visíveis na parte aérea da planta e clorose intensa das folhas correspondendo ao lado do tronco ou das raízes principais onde ocorrem as lesões. Os liquidâmbares são afetados por afídios que fazem com que apareçam exsudações de meladas. Também em *Liriodendron sp.* se observam

ataques de afídios produzindo como resultado exsudações corrosivas que, regra geral, causam problemas em viaturas, mobiliário urbano, etc.

Em *Prunus* sp. aparecem insetos desfolhadores como *Euproctis chrysorrhoea* que podem causar desfolhas importantes que vão reduzir severamente o crescimento das árvores (Sousa *et al.*, 2008) e *Lymantria dispar* que vai provocar intensa desfolha com impacto negativo no crescimento das árvores. Os Prunos sp. são afetados por grande número de fungos de *Phytophthora* produzindo exsudação de resina em ramos e troncos.

Em *Pinus* sp. aparece o inseto responsável pela processionária do pinheiro (*Thaumetopoea pityocampa*) que vai provocar o desfolhamento das plantas. As suas larvas possuem pelos urticantes que provocam reações alérgicas nas pessoas e animais (Ramos e Caetano, 2003; Almeida, 2006). Os fungos mais frequentes e representativos são *Diplodia pinea* e *Mycosphaerella pini* que vão provocar o amarelecimento das copas e desfoliação (Ramos e Caetano, 2003; Almeida, 2006).

Em *Quercus* sp. aparecem insetos desfolhadores como *Euproctis chrysorrhoea* que podem causar desfolhas importantes que vão reduzir severamente o crescimento das árvores (Sousa *et al.*, 2008). O fungo mais importante é o oídio (*Microsphaera alphitoides*) manifestando uma tonalidade esbranquiçada em grande parte do ano. Também pode aparecer um fungo do solo, *Phytophthora cinnamomi*, que se manifesta por extensa lesão basal do tronco (cancro), produzindo um exsudado negro sendo que o desenvolvimento dos sintomas se dá a partir da base da planta em direção ascendente (Bonifácio *et al.*, 2002; Eurosilvasur, s/d).

Em *Quercus suber* surgem como patologias mais frequentes em Portugal a cobrilha dos ramos (*Coroebus florentinus*), cobrilha de cortiça (*Coroebus undatus*) e a lagarta do sobreiro (*Lymantria dispar*). A borboleta leopardo (*Zeuzera pyrina*) ataca árvores em stresse hídrico ou doentes apresentando perigosidade em meio urbano por provocar rutura do tronco e, ou, quebra dos ramos atacados (Bonifácio *et al.*, 2002). Os fungos manifestam-se sob várias formas tendo-se o carvão do entrecasco (*Biscogniauxia mediterrânea*) e doença da tinta (*Phytophthora cinnamomi*) (Eurosilvasur, s/d). Também é possível encontrar a podridão agrária (*Armillaria* sp.) que leva à diminuição da resistência mecânica da árvore que podem vir a quebrar e tombar pela zona do colo (Bonifácio *et al.*, 2002).

Em *Sorbus sp.* é comum o aparecimento de afídios que fazem com que apareçam exsudações de meladas e em *Tilia sp.* podem aparecer *Lymantria dispar* que vai provocar intensa desfolha com impacto negativo no crescimento das árvores e são também suscetíveis a afídios.

Em *Ulmus sp.* são os fungos a principal doença que aparece nesta espécie destacando-se a grafiose (*Ophiostoma ulmi*) que leva a que as folhas murchem e amareleçam, sintoma que se espalha progressivamente pela árvore podendo levar à sua morte (Ramos e Caetano, 2003; Almeida, 2006). No que diz respeito aos insetos destaca-se a galerucela do ulmeiro (*Xanthogaleruca luteola*) por ser responsável pela desfolha intensa das árvores levando a árvore a grande debilidade, ficando suscetível ao ataque de *Scolytus scolytus* e *Scolytus multistriatus*, insetos vetores de fungos causais da grafiose dos ulmeiros (Stack *et. al.*, 1996; Brasier, 2000; Massavanhade, 2010).

Torna-se necessário ressaltar no que diz respeito aos fungos que atacam as árvores que são na maioria das vezes, apenas agentes oportunistas de uma determinada condição de fragilidade da árvore. Geralmente não são a causa, mas a consequência de diversos problemas contribuindo para acelerar o declínio e são, por isso, confundidos como a consequência ou como a causa de um dado efeito (sintoma) aparecendo numa grande diversidade de espécies. São também causadores da baixa qualidade estética da árvore.

A fitossanidade é um fator importante de considerar no planeamento, projeto e gestão da arborização urbana porque, ao se encontrarem presentes espécies nocivas pode-se comprometer o bom e correto desenvolvimento da(s) árvore(s) afetando-se parte das suas funções, longevidade, valor estético e relação com os indivíduos, perdendo-se parte dos benefícios que as árvores oferecem ao sistema urbano. Na seleção das espécies arbóreas, deve-se ponderar o fator fitossanidade, selecionando as espécies que estão melhor adaptadas aos condicionalismos, porque desta forma se vai poder instalar melhor as árvores em espaço urbano, tal como gerir e manter de melhor forma as árvores ao longo do seu processo de crescimento, maturidade e envelhecimento, aspeto importante, porque estando-se em espaço urbano muitas são as condicionantes decorrentes do desenho do espaço e presença humana, não sendo fácil e exequível a aplicação de métodos de controlo de pragas, para além de não poderem ser ambientalmente agressivos.

3.3.7 Forma natural da árvore

Cada árvore tem uma estrutura que lhe é específica dando uma forma de copa, folhas, flores que vai resultar do padrão geral de crescimento que lhe é próprio e se encontra “arquivado” nos genes de cada espécie, mas com detalhes adaptáveis em função das condições ambientais e do número e disposição na copa dos gomos que rebentam em cada ano (Fabião, 2006; Martins, 2008). As árvores de acordo com a espécie a que pertencem apresentam formas próprias da sua copa que lhes conferem maior capacidade de produção de elementos e de fixação e adaptação ao meio ambiente em que naturalmente se encontram.

Estas formas naturais das árvores tiveram a sua própria evolução ao longo dos tempos sendo as mais comuns e que resultam da atividade dos gomos: arredondadas, quando se aproximam da forma esférica (pinheiro manso, tílias, faias); piramidais, quando estreitam da base para o topo (abetos, pinheiro bravo, amieiro); fusiformes, quando alongadas e mais estreitas na base e topo do que no meio (cipreste comum); colunares, quando têm uma silhueta aproximadamente cilíndrica (choupo da Itália); e irregulares quando são descompostas e sem forma definida (catalpa, salgueiro chorão) (Fabião, 2006).

A forma natural das árvores é desenvolvida num nível subterrâneo e num nível aéreo e resulta de um crescimento primário longitudinal derivado da atividade dos meristemas situados nos gomos responsáveis pelos tecidos primários, levando a que cada ano raízes, guia terminal e os seus ramos laterais aumentem de comprimento adicionando novo crescimento primário à árvore (Oliver e Larson, 1996).

No que diz respeito ao crescimento das raízes, para a maior parte das espécies, ocorre durante todo o ano, quando se verificam as condições adequadas de mistura do solo e temperatura. No entanto, é habitual a ocorrência de picos de crescimento da raiz no início da Primavera, antes do período de crescimento ativo da árvore, e no final do Outono, após a cessação da atividade cambial e alongamento (Oliver e Larson, 1996).

No que diz respeito ao crescimento e desenvolvimento da forma natural da árvore, especial importância tem o comportamento do gomo apical, onde as células sofrem divisões num modo tal que um dos produtos da divisão permanece como célula meristemática. O gomo terminal produz uma hormona que limita o crescimento dos gomos e ramos situados abaixo dele sendo que, a influência deste gomo diminui com a distância, sendo mais ou menos intensa a sua ação consoante as espécies (dominância apical) (Martins, 2010).

Nas árvores, quando da perda do gomo apical, geralmente verifica-se o desenvolvimento de gomos que se encontram próximos, podendo desenvolver-se a liderança de um ou vários eixos (ramos). Neste caso a poda pode selecionar um eixo (ramo) líder apenas, caso contrário pode-se criar um potencial ponto de rutura no tronco por multiplicidade de ramos (Seitz, 1996). A seleção de um dos ramos produzidos (eixo líder) poderá levar à sua dominância e o seu gomo terminal tomará o lugar daquele que foi suprimido e será inibidor dos outros. No entanto, existem situações que quando eliminado o gomo apical do eixo terminal desenvolvem-se vários gomos dando origem a volumosas copas. Nestas situações o modelo original da forma é perdido, desaparecendo a ramificação típica da espécie (Seitz, 1996).

As formas das árvores também estão dependentes da influência do ambiente em que se encontram inseridas sendo o resultado de ambos os fatores que acabam por determinar a silhueta de cada indivíduo, em cada local (Oliver e Larson, 1996). Destacam-se de entre os fatores do ambiente que condicionam a forma: a quantidade da luz que recebem, a direção da luz (levando a árvore a crescer em determinada orientação para expor as folhas à luz), vento (direção e velocidade), implantação junto a uma parede alta, humidade tanto do ar como no solo, características de drenagem, tipo e qualidade do solo, tipo e cobertura do solo, amplitudes térmicas, tipo e gravidade de problemas com pragas e contaminação atmosférica e do solo (Allen, 1986).

O fator que mais altera a forma da árvore é a poda sendo frequentemente utilizado em espaço urbano, tendo Nowak *et al.* (2004) verificado que árvores com alteração da forma natural da copa apresentavam taxas médias de mortalidade anual elevadas (6,4%) enquanto as árvores com formas estáveis e saudáveis exibiram taxas de mortalidade significativamente mais baixas na ordem de 1,4% de média da taxa de mortalidade anual.

O crescimento das árvores com as suas formas naturais no espaço urbano é um aspeto relevante porque condiciona a sua instalação, valor estético, funções ecológicas e interesse social.

Estando as formas das árvores associadas aos seus crescimentos aéreos e subterrâneos é natural que sempre que se perturbe a sua forma se perturbe o seu crescimento. O crescimento em altura das árvores em função da sua idade faz-se segundo uma curva sigmoide, podendo ser identificadas três fases de crescimento: a) árvores jovens apresentam crescimentos rápidos; b) árvores em período de maturidade apresentam crescimentos lentos; e c) árvores em período de senescência, têm crescimentos praticamente insignificantes (Oliver e Larson, 1996).

No entanto como se referiu as características de crescimento são diferentes entre espécies e são influenciadas pelos fatores ambientais presentes nos locais em que se encontram plantadas. Oliver e Larson (1996) consideram que o tamanho da copa das árvores é proporcional à sua altura estando a altura relacionada com o volume total da árvore, e que o crescimento da árvore resulta da modificação conjugada das diversas variáveis dendrométricas e não estritamente da altura, pelo que quando da avaliação do crescimento e desenvolvimento de árvore devem ser consideradas variáveis como: diâmetro à altura do peito, altura total, altura da base da copa, perfil do tronco, volumes total e parciais, por no seu conjunto estas variáveis conseguem refletir os aspetos intrínsecos da árvore e da condição ambiental em que se encontra plantada.

3.3.8 Podas em ramos e troncos

A poda não é um procedimento normal para a árvore (Bradshaw *et al.*, 1995) apesar de haver quem argumente que a perda de ramificação que ocorre naturalmente ao longo da vida das árvores motivada por diferentes causas como stresse, sombra, doença ou seca, possa ser considerada como um mecanismo de auto-poda.

A árvore vai perdendo ramos e troncos ao longo da sua vida de modo natural fazendo-o de duas formas: perda de troncos e ramos em acidentes naturais (tempestades e ventos fortes) e na rejeição do próprio ramo (morto, doente) devido à ineficiência assimilatória, desenvolvendo perante estas situações um conjunto de reações químicas nas células do tronco e da base do ramo que vão criar barreiras que impedem o avanço dos organismos degradadores da casca e lenho (fungos e bactérias) dos ramos, para o lenho do tronco (Seitz, 1996).

Quando a árvore perde ramos ou troncos de forma não natural deve-se, regra geral, à ação do homem pela realização de podas que, no contexto desta dissertação são entendidas como “(...) *la eliminación selectiva de ramas o partes de ramas de una planta por un motivo concreto*” (Allen, 1986: 9). Podem também compreender “(...) *técnicas de poda que exigen la eliminación de raíces, hojas, flores y frutos; pero estas técnicas son bastante especializadas y comparativamente raras en la arboricultura ornamental (...)*” (Allen, 1986: 9). Para Bradshaw *et al.* (1995) a poda realizada pelo homem é a ação que provoca mais alterações na estrutura e forma da árvore, não havendo na natureza quaisquer outras ações que consigam ser tão agressivas quanto estas.

No espaço urbano, a maioria das podas que se realizam são as que visam eliminar:

- a) ramos mortos, doentes ou partidos naturalmente por acidentes naturais;
- b) ramos debilitados por ação de agentes patogénicos ou vandalismo tendo que ser removidos por questões de segurança;
- c) desrama para permitir circulação de pessoas e veículos;
- d) formação de copas por excessiva densidade de folhagem (aumento da luminosidade, redução da resistência ao vento, redução do stresse hídrico);
- e) necessidade de compatibilização das copas com estruturas presentes no espaço urbano (sinalética vertical, iluminação pública, elementos associados ao edificado – ex.: toldos e varandas) (Bradshaw *et al.*, 1995).

A poda sendo uma ação que prejudica a árvore deveria ser muito condicionada e utilizada com carácter de exceção, mesmo em árvores situadas em espaço urbano. A serem aplicadas deveriam ser ponderados vários aspetos dos quais se gostaria de realçar: espécie, fases de desenvolvimento em que se encontra a árvore, estado sanitário, valor estético e patrimonial (Figura 3.5).



Figura 3.5 Árvores situadas ao longo do metro do Porto em Matosinhos e Gondomar sujeitas a podas. Podas de manutenção pouco cuidadas (2009 e 2011)

Fonte: Autor

Nem todas as espécies apresentam a mesma resistência/tolerância à poda porque tendo características específicas respondem de forma distinta à poda. Como exemplo indica-se a resistência do limoeiro sendo uma espécie capaz de sobreviver aos mais severos tratamentos de poda, enquanto o videiro ou a cerejeira podem morrer após tratamento semelhante. Também algumas coníferas são particularmente sensíveis a ações de poda havendo espécies que fazem cicatrizações rápidas quando os cortes são feitos de modo natural (auto-poda) mas, caso sejam feitos por ação do homem, a árvore pode ser invadida por fungos, entrar em decadência e, finalmente, morrer (Bradshaw *et al.*, 1995).

As fases de desenvolvimento de cada árvore também implicam técnicas de poda distintas e respostas diferentes das árvores. Geralmente a poda é mais frequente em árvores jovens porque apresentam maiores crescimentos, necessidade de formação e de eliminação dos ramos mais baixos e, por serem sujeitas a transplante sendo comum considerar-se necessário proceder a equilíbrios entre a parte aérea e a parte subterrânea da planta aplicando-se poda durante ou logo após o transplante.

Em viveiro, tratando-se de árvores jovens geralmente aplicam-se podas de formação na parte aérea, assim designadas porque visam a definição de copas equilibradas e definidoras das formas próprias de cada espécie. Nesta poda tem-se por principais objetivos a definição de ramo com dominância apical e gomo terminal definidor do crescimento natural da espécie, a eliminação de bifurcações do eixo principal e a eliminação de ramos que se encontrem excessivamente desenvolvidos (Fabião, 2006).

Após a fase de produção em viveiro segue-se a fase de transplante de árvores jovens sendo frequentes também as podas nesta fase. Refletindo-se sobre a influência da poda na fase de transplante (transplante do viveiro para o local definitivo) e na reposição do sistema radicular para níveis próximos dos que existiam antes do transplante (aspeto especialmente importante pelas necessidades de absorção da água e nutrientes), verificou-

se não existir consenso nas opiniões entre autores havendo os que defendem que o desenvolvimento vigoroso de um novo sistema radicular pode ser ajudado pela redução do tamanho da copa quando da operação de plantação, e outros que advogam que a poda é prejudicial ao crescimento da árvore. Os que defendem os benefícios da poda apresentam como argumentos os mecanismos que são desenvolvidos pelas próprias árvores para estabelecerem equilíbrios que viabilizem a sua instalação e crescimento em ambiente urbano e que podem ser entendidos como um mecanismo de auto-poda. A poda é nesta perspectiva entendida como um meio que permite restabelecer equilíbrios entre o crescimento em altura e o da raiz (Bradshaw *et al.*, 1995).

Os autores que advogam que a poda é prejudicial para o crescimento da árvore fundamentam-se no argumento de que as podas provocam alteração na copa da árvore perturbando os processos fisiológicos de produção de hidratos de carbono e libertação de auxinas (hormonas vegetais) levando a que os processos de regeneração de raiz sejam interrompidos tendo-se por consequências mais importantes a incapacidade de absorver água e nutrientes levando ao desenvolvimento de situações de stresse hídrico na árvore (Bradshaw, *et al.*, 1995). Allen (1986) considera que as auxinas são produzidas nos gomos laterais e gomos terminais de crescimento dos ramos das árvores sendo essenciais para que se possa dar o início ao crescimento das raízes pelo que, ao se eliminarem estes gomos pela poda passa-se a produzir uma quantidade insuficiente de auxinas o que terá por principal consequência o atraso na formação de raízes. Este autor desaconselha a realização de podas quando do transplante e aconselha a que se mantenham os ramos com gomos intactos. Ainda tendo em consideração a necessidade de produção de hormonas, Allen (1986) considera que a guia terminal (gomo terminal) de uma árvore jovem nunca deverá ser cortada porque na maioria das árvores jovens é aí que existe uma maior proporção de auxinas. Para além dos aspetos referidos, o corte do gomo terminal provoca com frequência a alteração da forma estrutural final desejada: um tronco central reto e forte que se adelgaça gradualmente até ao extremo definidor de formas características de cada espécie.

Face à diversidade de opiniões sobre os efeitos da poda quando do transplante de árvores jovens, considera-se que árvores recentemente plantadas que se apresentem cobertas por folhas de rebentação recente não devem ser podadas. A interrupção do crescimento da raiz provocada pela poda de verão só poderá acentuar os efeitos negativos do transplante, pois sendo a árvore plantada com um pequeno sistema radicular, a poda ao reduzir ou suspender o processo de crescimento da raiz vai dificultar a absorção do volume

da água necessário à árvore que, por sua vez, induz nova redução do crescimento da raiz e do volume de água disponível para a árvore na temporada seguinte.

Quando se poda uma árvore adulta na fase de manutenção, é sempre preciso ter consciência que numa árvore sujeita a podas se criam desequilíbrios entre a superfície capaz de processar a fotossíntese (a copa), e a superfície de absorção de água e nutrientes (raízes) e que a árvore para restabelecer os equilíbrios tende a restabelecer a folhagem original a partir dos seus gomos dormentes, os gomos adventícios (epicórmicos) que se vão desenvolver dando origem a jovens ramos que irão ser concorrentes dos ramos que se lhe encontram adjacentes (Nicolini *et al.*, 2001). Os ramos resultantes destes gomos vão ter uma ligação deficiente com o tronco, alterando a estabilidade biomecânica da árvore e podendo vir a ser um fator de risco (Seitz, 1996). Os ramos epicórmicos são mais comuns em folhosas do que em coníferas, e aparecem mais frequentemente quando as podas atingem uma percentagem elevada da área da copa (Martins, 2010). As podas designadas de manutenção alteram frequentemente as formas naturais das copas com os consequentes efeitos estéticos e sociais quase sempre negativos e reduzem a estabilidade biomecânica que a árvore desenvolveu para o local em que se encontra e alteram a adaptação que realizou face às suas necessidades energéticas e a receção da radiação solar que tem.

Nas árvores situadas em espaço urbano é frequente o corte dos ramos principais das árvores jovens com o intuito de lhes criar fustes (eliminar os ramos inferiores) para permitir melhor compatibilidade com a circulação de peões, trânsito rodoviário e visibilidade de sinalética. Trata-se de um tipo de poda muito presente nas árvores de arruamento mas que tem por principais consequências para a árvore o desenvolvimento de troncos desproporcionadamente delgados e débeis em relação à altura da planta e copa. As árvores com troncos com estas características tornam-se mais vulneráveis à ação dos ventos ficando muito suscetíveis a grandes oscilações, podendo quebrar, tal como ficam mais suscetíveis ao vandalismo (cortes, partir) e, em caso de calor e luz excessiva, a queimaduras por insolação (Allen, 1986).

Estudos feitos sobre a aplicação de diferentes intensidades de cortes de ramos nos troncos principais em árvores jovens (desrama) e consequências verificadas nos acréscimos dos dap e das alturas demonstraram que a desrama, quando severa, pode interferir negativamente no crescimento das árvores (Pereira e Ahrens, 2003). Os mesmos autores verificaram que para *Pinus taeda* (árvores jovens), a desrama quando ligeira a moderada provocava o aumento dos acréscimos dos dap mas que, quando severa, provocava uma redução dos pap (Cardoso, 2009).

Montagna *et al.* (1993) avaliaram o efeito da desrama sobre o crescimento em altura em *Pinus elliottii* var. *elliottii* tendo concluído que perante desramas severas o crescimento em altura era afetado de forma significativa somente em indivíduos nas idades mais avançadas. No entanto, ao nível dos dap detetou-se significativa interferência. A desrama interferiu na conicidade do fuste das árvores concluindo que a desrama artificial influencia o crescimento das árvores, sendo que o diâmetro é mais afetado que a altura. Dos vários trabalhos que têm vindo a ser realizados conclui-se que a remoção dos ramos até 40% da altura de uma árvore pode ser realizada sem nenhum efeito sobre o crescimento em altura ou em diâmetro. Acima deste limite o diâmetro passa a ser afetado, enquanto a altura só é afetada quando for atingido o nível de 60%.

A conicidade do tronco é afetada (junto ao colo) com as desramas dos ramos basais tendo tendência a ser reduzida, afetando-se o crescimento do tronco sendo que este efeito será maior ou menor dependendo da severidade da poda, época de execução e características da árvore. Este aspeto é relevante porque troncos cilíndricos e cónicos são desejáveis para garantir maior estabilidade da árvores e resistência aos fatores presentes no meio urbano (Cardoso, 2009).

Para além da formação do fuste, outras ações de poda são habitualmente aplicadas em árvores adultas tendo por objetivos melhorar o estado fitossanitário da árvore e vitalidade, e assegurar a integridade estrutural, segurança de pessoas e bens, aspetos estéticos e necessidades práticas associadas a crescimento excessivo face ao local em que se encontram, compatibilização com infraestruturas e, por fim e de modo mais restrito, quando associado a espaços públicos para a produção de frutos e flores (Allen, 1986).

No que diz respeito às podas que se aplicam por razões de sanidade, vitalidade e integridade estrutural, segurança de pessoas e bens e aspetos estéticos podem ter diferentes graus de intervenção podendo ser mais ou menos severas e ter maiores ou menores consequências fisiológicas, morfológicas e no valor estético da árvore.

Quanto à aplicação de podas em árvores adultas para controlo do seu tamanho Bradshaw *et al.* (1995) consideram não ser possível a execução de podas satisfatórias porque, geralmente, enferma à partida de um grave problema que se prende com a incorreta escolha da espécie para o local. São podas que se apresentam drásticas provocando muitas vezes infeções e doenças levando a processos de decadência das árvores. Algumas espécies não toleram mesmo este tipo de tratamentos tão agressivos e acabam por morrer.

Outros tipos de podas podem ser aplicados sobre as árvores podendo ser considerados de carácter específico sendo sobretudo aplicados sobre árvores que se encontram envelhecidas ou em decadência. São geralmente consideradas como podas de recuperação e pressupõem que a árvore não voltará a exibir a beleza e a estabilidade estrutural de quando se encontrava em bom estado. Este tipo de poda deve ser precedido de uma avaliação e reflexão sobre a absoluta necessidade de permanência da árvore e fazer-se uma avaliação de riscos e de segurança. Trata-se de um tipo de poda que geralmente implica a eliminação de um grande número de ramos grandes o que pode levar ao aparecimento de feridas graves e de eventuais podridões. Poderá ocorrer crescimentos de ramos adventícios em situações que não seja possível estabelecer uma guia que seja aceitável que sirva de base para a recuperação. A perda de resistência estrutural poderá ser um dos principais problemas o que implicará permanentes podas ou aplicação de elementos estruturais de apoio (Allen, 1986).

Um outro aspeto relacionado com a poda e que é frequentemente discutido é o de qual o melhor período do ano para se realizarem podas, ou seja, pretende-se relacionar a poda com o estado fenológico da árvore. Devem ser realizadas podas quando do período de dormência ou quando as árvores se encontram em atividade?

De acordo com Bradshaw *et al.* (1995), as podas realizadas nas árvores durante o verão (período ativo) são perturbadoras dos processos fisiológicos e, em última análise, da regeneração da raiz tendo experiências efetuadas em plátanos transplantados comprovado este efeito. Plátanos transplantados e podados no período de dormência e no verão apresentaram respostas distintas verificando-se que o crescimento da raiz cessava algumas semanas a seguir à poda de Verão, enquanto as árvores que receberam a poda no período de dormência mostram taxas semelhantes de desenvolvimento radicular às das árvores que não sofreram tratamentos de poda. Este aspeto é fundamental pois se a poda afeta o crescimento da raiz afeta a estabilidade e a absorção de água e nutrientes condicionando o crescimento da árvore.

Ainda tendo por base dados obtidos por Bradshaw *et al.* (1995) e relativamente às consequências da poda de manutenção na parte aérea da planta quando realizada no período de dormência da árvore, e embora sem evidências completamente claras, os autores verificaram que a poda neste período pode levar a um aumento do crescimento em altura. No entanto, Allen (1986) refere que as podas na fase de manutenção aplicadas sobre árvores podem ser consideradas ligeiras pelo que são possíveis de serem executadas em

qualquer época do ano, achando que são poucas as razões que impliquem a determinação de uma dada estação do ano.

Independentemente da ação de poda que se aplique, fase de crescimento ou ciclo vegetativo em que a árvore se encontre deve ser a poda entendida como uma ação com consequências para a árvore ao nível fisiológico, morfológico e valor estético e que tem consequências no crescimento e longevidade. Quando efetuada, dever-se-á ter em consideração os diferentes períodos de vida das árvores, espécie e espaço em que se encontra implantada, pois a definição de objetivos e técnicas a aplicar são distintos.

Infelizmente no espaço urbano as podas são praticamente inevitáveis, pois a árvore sendo um ser vivo de grande escala vai crescendo ao longo dos anos, ocupando espaço aéreo e subterrâneo, alterando de forma e aparência (também ao longo do ano) acabando por colidir em muitas situações com as próprias dinâmicas dos espaços urbanos onde os edifícios crescem em altura e volume, realinham-se fachadas, alargam-se e impermeabilizam-se vias, infraestruturam-se solos, tendo a árvore de dividir o seu espaço com o edificado e infraestruturas.

Do ponto de vista social, são muitos os efeitos e características que são reconhecidos como positivos nas árvores, mas também alguns lhe são considerados negativos levando ao corte de ramos e troncos sendo os mais comuns: a falta de luminosidade em habitações, obstrução de vistas, conflito com varandas e infraestruturas, e produção de insetos e de alergias (Campillo, 2005).

3.3.9 Feridas em troncos, ramos e colo

As árvores presentes nos espaços urbanos apresentam frequentemente feridas nos seus troncos e ramos o que se deve essencialmente a: a) ações climáticas, b) más práticas de manutenção; e c) ações de vandalismo. Sendo as árvores elementos que se deseja que sejam promotores da requalificação do espaço urbano as feridas em ramos e troncos reduzem a qualidade estética dos indivíduos e a sua estabilidade biomecânica.

Quando do aparecimento de feridas, as árvores desenvolvem mecanismos e processos de defesa que lhes permitem reduzir os riscos de morte. Não se trata de um processo de total cicatrização mas de substituição das células destruídas. O processo que vai decorrer nos tecidos vegetais resulta de alterações químicas que se processam no interior das células que foram “atacadas”, formando-se novas células que têm por objetivo refazer parcialmente a estrutura afetada num processo designado de compartimentação (Seitz, 1996). Sendo este o processo natural que as árvores dispõem para controlar feridas que são provocadas por cortes naturais ou provocados por ação do homem, nem sempre se processa da melhor forma, podendo haver feridas muito profundas ou tecidos rasgados que permitem a entrada de fungos e insetos e que podem dar origem a cancrios no lenho colocando em risco a vitalidade e a estabilidade estrutural da árvore. Quando as feridas são muito profundas, os tecidos internos podem ficar afetados deixando de haver a circulação da seiva e a emissão de compostos inibidores, não se realizando de forma adequada a compartimentação das zonas atingidas, ficando a estabilidade da árvore muito afetada e podendo apresentar debilidades (Martins, 2008). Também quando os cortes são excessivamente rentes ao tronco, danificam o lenho sendo um local para a entrada de fungos e insetos podendo também evoluir para cancrios.

Os tocos resultantes de podas mal realizadas constituem partes da planta que não são irrigadas pela seiva acabando por apodrecer e dão também origem, em muito casos, a cancrios que afetam o câmbio e as cavidades que alteram a estrutura e segurança da árvore (Martins, 2008). As feridas resultantes do corte de ramos com grande dimensão, são mais suscetíveis de desenvolver podridões por maior dificuldade de compartimentação e podem levar a sérias deficiências estruturais internas. As grandes feridas para além de afetarem o estado sanitário e estrutura da árvore, afetam a sua capacidade de desenvolvimento e o efeito estético individual (da planta *per si*) e do conjunto por não se conseguir homogeneidade nos padrões definidos nas mesmas unidades de tempo (Martins, 2010; 2011).

Nas árvores, as feridas em ramos e troncos podem resultar de diferentes ações podendo ser agrupadas em:

- i. ocasionais quando resultantes de uma ação pontual de poda ou de choque mecânico voluntário ou premeditado (feridas no colo e/ou vandalismo), ou situações

naturais. Nestas situações, e desde que não sejam feridas de grandes dimensões a árvore terá capacidade de desenvolver compartimentação;

ii. reincidentes ou permanentes quando resultantes de ações contínuas de poda ou de choque mecânico voluntário ou premeditado sobre as mesmos locais ou feridas (exemplo: feridas no colo e vandalismo).

Especial atenção deveria ser dada às feridas existentes no tronco principal das árvores pois sendo este um órgão vegetativo que tem por principais funções: a sustentação, comportando-se como suporte flexível de ramos, da massa foliar, flores e frutos, assegura a condução de seivas bruta (xilema) e elaborada (floema), permite a realização da fotossíntese nos caules jovens clorofilados, e ao suportar as folhas permite a realização da fotossíntese e assegura reservas para a planta. O tronco ainda desempenha funções estéticas relevantes dadas pelas suas cores, texturas, modo como os ramos se inserem, sombras produzidas, ritmos que conseguem estabelecer e formas naturais e é um dos elementos da árvore que contribui para o valor económico da árvore na produção de madeira ou produtos produzidos na casca (*mulch*, cortiça).

As árvores presentes no espaço urbano sofrem grandes pressões por ações de vandalismo, más práticas de manutenção e pressões associadas às vivências próprias dos espaços urbanos, refletindo-se estas pressões frequentemente sob a forma de feridas no tronco.

Infelizmente muitas das feridas presentes nos troncos das árvores permanecem ao longo de todo o seu ciclo de vida afetando o seu crescimento, estabilidade, vigor, vitalidade e qualidade estética e consequente valor estético do espaço urbano. Algumas dessas feridas são contraídas precocemente, quando ainda muito jovens durante a sua fase de transplante e instalação no local de plantação devido a más técnicas de tutoragem, aplicação de atilhos, manutenção e ações de vandalismo. Muitas das feridas são permanentes ou reincidentes tornando a cicatrização difícil mesmo quando ainda em fases jovens. Na Figura 3.6 dão-se exemplos deste tipo de feridas que não cicatrizaram devidamente.



Figura 3.6 Feridas que foram deficientemente cicatrizadas (2009); Podas tardias provocando cicatrizações de grandes dimensões (2009); Feridas provocadas por enxertos e podas deficientemente realizados (2009); Feridas que não chegam a ser cicatrizadas sendo permanentes abertas (2012).

Fonte: Autor

Sendo que a aplicação da tutoragem em árvores transplantadas é uma ação desejável e necessária porque oferece estabilidade à árvore para o desenvolvimento do sistema radicular e também serve de proteção mecânica aos agentes que lhe podem causar danos como animais, vandalismo, vento, máquinas corta relva, mota-roçadoras e veículos, (Bradshaw *et al.*, 1995) pode, quando mal aplicada, e não devidamente mantida, provocar graves danos sobre as árvores (Figura 3.7).



Figura 3.7 Feridas provocadas por tutoragens mal aplicadas (2009)

Fonte: Autor

A experiência e estudos realizados têm vindo a demonstrar que manutenções que não acompanham devidamente a aplicação dos tutores e atilhos podem provocar feridas de elevada gravidade por fricções em suportes ou estrangulamentos provocados pelas abraçadeiras. Quando a tutoragem é aplicada de modo frouxo, o tronco acaba por ficar danificado por bater ou roçar contra o suporte. Por outro lado, se a braçadeira é muito apertada, irá comprimir o tronco, levando também ao roçamento no suporte. Em casos graves de braçadeiras apertadas pode levar também ao estrangulamento com restrições do crescimento do tronco. O estrangulamento do tronco pode provocar menor transporte de água, nutrientes e produtos transformados da fotossíntese levando ao crescimento

deficiente da árvore (Bradshaw *et al.*, 1995). Os mesmos autores referem que os estrangulamentos podem levar a um enfraquecimento do tronco tornando a árvore mais suscetível a quebras.

As feridas provocadas pelo friccionamento da árvore sobre tutores podem ser de difícil cicatrização porque estão permanentemente a ocorrer e podem implicar lesões graves para a árvore provocando no futuro o enfraquecimento do tronco e o aparecimento de cancrios e agentes patogénicos (Bradshaw *et al.*, 1995; Martins, 2008).

Sendo as zonas urbanas afetadas por deslocções de massas de ar que apresentam características específicas (remoinho, aumento local das velocidades), a resistncia das rrvorees à açção dos ventos é um aspeto fundamental pelo que a tutoragem (modo de aplicção e alturas do tutor) terá que atender ao modo como a rrvoree reage perante o fator vento. O crescimento das rrvorees, conforme já referido, ocorre em altura e em perímetro por produçção de tecidos novos (acrscimos anuais), aumentando o tronco todos os anos, adelgaaando-se do colo para a copa, oferecendo um suporte estável à copa e ramos. Em meio natural (rrvorees não transplantadas e sem tutoragem) as rrvorees ao longo do seu crescimento vão estar sujeitas a vários tipos de tensões balançando-se com o vento desde a base do tronco (colo) até às copas. Estas tensões criadas no colo diminuem com a distância e podem levar ao espessamento extra do caule no colo e raízes criando-se madeira de "reação" que aumenta a capacidade da rrvoree para resistir aos ventos fortes. A quantidade de madeira de reação produzida depende do grau de oscilação a que o tronco é sujeito sendo que rrvorees que crescem individualmente e em espaço aberto experimentam muitas vezes velocidades de vento forte, sendo nestes casos a produçção de madeira de reação relativamente alta, e o crescimento da copa tende a assumir uma forma horizontal à custa do crescimento de altura (Bradshaw *et al.*, 1995). Por outro lado, as rrvorees que crescem juntas em composições de floresta, mata ou maciços experimentam velocidades de vento mais baixas e a luz que entra nas suas cotas é mais reduzida, pois encontram-se mais protegidas da açção do vento não tendo tanta madeira de reação. A forma de crescimento dos troncos e ramos está intimamente ligada ao ambiente em que a rrvoree cresce e se desenvolve de modo a serem suficientemente fortes para suportar a sua copa. As rrvorees do espaço urbano sofrem transplante pelo que se têm de adaptar a locais diferentes ao longo do seu crescimento servindo a tutoragem para suportar o tronco e oferecer estabilidade para o desenvolvimento das raízes. A tutoragem se não devidamente aplicada e mantida poderá interferir na capacidade de desenvolvimento da resistncia do tronco e ramos, aspeto fundamental para que a rrvoree possa resistir às tensões provocadas pela açção do vento. Quando as rrvorees são sujeitas a suporte (tutoragem) prolongado ou mal

aplicado, o engrossamento de tronco inferior tende a ser reduzido em detrimento do crescimento da copa pois é perto do ponto mais alto da fixação da tutoragem que se vai produzir a madeira de reação, por ser este o ponto fulcral sobre o qual a árvore oscila. Quando da remoção dos tutores, o tronco pode vir a partir quando sujeito a cargas de oscilação pois encontra-se com menores condições para suportar uma enorme copa que se encontra pesada e desenvolvida (Bradshaw *et al.*, 1995).

As tutoragens podem ter aspetos específicos em função de localizações específicas como seja em locais muito próximos da orla marítima onde se faz sentir a presença de sais ou em locais com a presença de animais (Bradshaw *et al.*, 1995).

Tem-se vindo a referir as principais consequências que as feridas sobre troncos e ramos causam sobre a árvore mas considera-se ser necessário referir especificamente as consequências das feridas sobre o colo da árvore por serem feridas frequentes, terem várias causas e o colo ser fundamental para a estabilidade da árvore.

As feridas que surgem ao nível do colo inserem-se no grupo das permanentes ou reincidentes porque em espaço urbano resultam frequentemente, quando em arruamentos, das ações mecânicas provocadas pelos choques dos automóveis e em espaços verdes pelo impacto mecânico das máquinas roçadouras e corta relvas utilizadas nas ações de manutenção. Existem também feridas do colo que se integram no grupo das feridas ocasionais sendo o resultado de ações dos animais. As feridas no colo são de difícil cicatrização e estando situadas junto ao solo, onde os níveis de humidade são mais elevados, são mais suscetíveis ao aparecimento de fungos e insetos. Do colo partem as raízes primárias de maior calibre responsáveis pelas funções de fixação que se subdividem em raízes secundárias e assim sucessivamente até à produção de raízes muito finas que formam o cabelame assegurando as funções de absorção, condução e armazenamento.

São vários os fatores que levam a que as feridas no colo possam provocar maiores ou menores danos nas árvores tais como: a orientação solar, níveis de humidade, extensão, profundidade e idade da ferida (Isomaki e Kallio, 1974).

Estudos desenvolvidos pela Universidade de Helsínquia e referidos por Isomaki e Kallio, (1974) sobre as consequências das lesões causadas na madeira pelas máquinas em *Picea abies* em diferentes locais e épocas do ano chegaram às seguintes conclusões:

- a propagação mais rápida dos efeitos das feridas é a que tem origem a partir do colo da árvore o que se deve, provavelmente, ao facto deste tipo de dano nesta parte da árvore ser geralmente mais amplo e mais profundo;

- as lesões ocorridas no colo no quadrante noroeste-este das árvores produzem feridas que avançam mais rapidamente do que em outros quadrantes;

- a dimensão da área danificada (superfície, largura e profundidade) relaciona-se positivamente com a deterioração a partir o local danificado, verificando-se ser tão mais rápido o declínio da árvore quanto maior ou mais profunda for a lesão. Verificou-se que a média anual de avanço da deterioração nos primeiros 10 anos foi muito semelhante tornando-se depois mais lenta, mas a deterioração da árvore nunca cessou;

- os danos causados no início do verão apresentam em média um avanço mais rápido no declínio da árvore do que o verificado quando os danos são aplicados no final do verão ou inverno;

- o declínio resultante dos danos provocados no tronco avança a uma taxa tanto maior quanto maior o crescimento do perímetro do tronco (crescimento radial), tal como a taxa de declínio aumenta quando a árvore se desenvolve em solos mais ricos em nutrientes. A fertilização também aumentou a taxa de avanço da decadência da árvore;

- as lesões da raiz reduziram o crescimento do perímetro do tronco das árvores mais acentuadamente do que as lesões do tronco. As lesões profundas em troncos reduziram o crescimento do perímetro do tronco das árvores em cerca de um terço, enquanto raízes decepadas reduziram quase para metade do crescimento do perímetro da árvore bastando pequenas feridas (0 a 4 cm). O efeito da largura da lesão sobre o crescimento do perímetro da árvore também se verificou ter um efeito considerável;

- os danos provocados pelo corte do colo reduziam o crescimento da altura das árvores em 40%, danos do corte da raiz no subsolo reduziam o crescimento das árvores em altura em 25%.

Estando-se a estudar árvores jovens em espaços verdes urbanos, especial atenção tem de ser dada às questões associadas à manutenção pois um elevado número de feridas do colo são provocadas durante estas operações. Observações efetuadas sugerem que as moto-roçadoras e os cortadores de relva influenciam o crescimento das árvores, provocando menores crescimentos ou até a morte das árvores em espaço urbano porque ao cortarem colos e raízes superficiais provocam danos graves (Figura 3.8). Os danos provocados podem não levar à morte imediata da árvore, mas entram em declínio e perdem vitalidade porque o crescimento da raiz é inibido (Bradshaw *et al.*, 1995).



Figura 3.8 Feridas no colo provocadas por operações de manutenção. Liquidâmbar (2009); Casuarina (2009); Faia (2009); Magnólia (2009).
Fonte: Autor

Os animais também podem provocar sérios danos no tronco e em ramos e folhas jovens principalmente em parques e jardins. As árvores pequenas podem inclusive ser mortas por coelhos, ratos, ratazanas, entre outros, que alimentando-se de rebentos e casca fazem feridas permanentes nas árvores com lesões graves (Bradshaw *et al.*, 1995).

3.3.10 Vandalismo

O vandalismo é um dos fatores habitualmente associados aos problemas de crescimento das árvores e às taxas de mortalidade. Incluem-se no vandalismo danos que podem levar à destruição total das árvores ou provocar danos de maior ou menor gravidade. Estes danos podem ter origem mecânica ou química, incluindo-se nos danos mecânicos: desenraizamento, quebra do tronco e ramos, produção de feridas em troncos e ramos,

oscilação no tronco por pressão de pessoas, carros, etc., e nos de origem química a deposição e, ou aplicação de produtos tóxicos sobre as partes aéreas e, ou raízes (Bradshaw *et al.*, 1995). O vandalismo ocorre sempre numa determinada percentagem sobre as árvores instaladas em espaço urbano dado resultar de ações que podem ser deliberadas ou acidentais como por exemplo ser resultado do choque de veículos, sinalética ou toldos.

Bradshaw *et al.* (1995) considera que a importância do vandalismo é muitas vezes sobrevalorizada como sendo uma das causas da redução do crescimento e morte de árvores urbanas, considerando que relativamente à proporção de árvores recém-plantadas que morrem por causa do vandalismo é uma causa menos significativa do que outros fatores. Para este autor o vandalismo representa menos de 1% das mortes de árvores durante os primeiros 3 anos após a plantação refletindo-se o vandalismo, em grande parte, em danos sobre a copa das árvores. Após este período o vandalismo é mais frequentemente direcionado para o tronco. Outros autores apresentam diferentes perspetivas apresentando valores elevados para o vandalismo em espaço urbano. Nowak *et al.* (1990) realizaram estudos sobre árvores jovens em Berkeley, Oakland, Califórnia tendo verificado que em média apenas 62% das árvores permanecia viva e não vandalizada tendo obtido um valor mínimo de 11% para a população vandalizada e que em 71% das árvores vandalizadas, estas se encontravam mortas. Indicou como causa provável de gerar mortalidade por vandalismo os danos automóveis.

Pauleit *et al.* (2002) com base nos dados obtidos no programa COST Action E-12 - *Urban and Forests and Trees*, em entrevistas realizadas nas diversas entidades das várias cidades europeias, concluiu que os principais desafios que se apresentam à árvore urbana, e por ordem decrescente de importância, eram: solo, sal de degelo, poluição atmosférica, vandalismo, stresse hídrico, aumento das temperaturas e os danos com o frio. O vandalismo é apontado por estes autores como sendo na Europa um dos principais fatores condicionantes à implementação da arborização. No entanto, os valores não são uniformes em todos os países europeus, verificando-se valores muito elevados no Reino Unido (30% das árvores recém-plantadas são vandalizadas) e valores baixos na Europa Central (5% das árvores recém-plantadas são vandalizadas). Nestes estudos constatou-se que os níveis mais elevados de vandalismo se refletem geralmente sobre árvores de pequeno porte, verificando-se níveis baixos de vandalismo em países europeus que plantam árvores com dap superiores a 20cm, médios com dap entre 14-20cm e níveis elevados de vandalismo com dap inferiores a 14cm (Pauleit *et al.*, 2002). Gilbertson e Bradshaw citados por Nowak *et al.* (1990) também apontam estudos realizados no Norte de Inglaterra que determinaram

como sendo a segunda causa da mortalidade das árvores o vandalismo (18%) logo a seguir ao stresse provocado pela falta de água e de nutrientes (56%).

O vandalismo é um fator importante podendo ser a causa de morte de árvores de pequeno porte e recentemente transplantadas por serem mais suscetíveis a desenraizamentos, cortes e quebras sendo consideradas inadequadas para situações de ruas isoladas ou com grande pressão antrópica onde o vandalismo é mais provável. Nestas situações há tendência para se plantarem árvores com grande porte, com grande peso e de padrão semi-maduro na tentativa de evitar prejuízos em grande escala através de vandalismo. Este tipo de opção é capaz de impedir uma eventual destruição total da árvore devido a oscilações no tronco por pressão de pessoas, carros, etc. e cortes no tronco, mas não vai impedir a quebra de ramos da copa, ou o aparecimento de feridas em troncos e ramos. As vantagens obtidas com a plantação de árvores muito grandes podem ser anuladas pelas dificuldades de instalação e o alto custo de aquisição e manutenção adequada (Bradshaw *et al.*, 1995).

Estudos realizados sobre o vandalismo concluíram que árvores plantadas em áreas pavimentadas e relvados sofrem maiores danos do que árvores plantadas entre maciços de arbustos, e relativamente a vandalismo nos troncos conclui-se que os danos provocados por cortes, feridas e embates com carros são menos relevantes do que os efeitos resultantes de incorretas práticas de manutenções, como por exemplo, os danos resultantes de estacas, atilhos, roçamentos sobre estacas, e guardas Bradshaw *et al.* (1995). Por vezes, o vandalismo tem vindo a servir como desculpa para más práticas de manutenção ocultando os problemas que impedem o estabelecimento e crescimento da árvore. Quando se realizam plantações de árvores em espaço urbano é sempre preciso contar que uma certa percentagem vai sofrer ações de vandalismo devendo selecionar-se árvores que possam sobreviver melhor às ações a que vão estar sujeitas, mas nem todas as ações são premeditadas e evitáveis.

CAPÍTULO 4. METRO DO PORTO: DE UMA INFRAESTRUTURA LINEAR A UM CORREDOR VERDE

“O desenvolvimento económico das cidades baseia-se, efectivamente, cada vez mais na sua acessibilidade, ou seja, na sua conexão com as grandes redes de transporte terrestre e aéreo e no seu potencial em mão de obra qualificada. A atracção das camadas jovens da classe média e alta transforma-se, assim, num elemento central das políticas urbanas que colocam no centro do desenvolvimento local a qualidade de vida, os equipamentos educativos a cultura, os lazeres e a própria imagem da cidade” (Ascher, 2010: 54).

O crescimento e desenvolvimento dos espaços urbanos, ao longo dos tempos, estiveram associados à capacidade de produção e armazenamento de bens e mercadorias, deslocação de pessoas, independentemente das épocas do ano, e à chegada e distribuição de informação. Estes aspetos são ainda válidos atualmente, apontando-se como base do desenvolvimento económico das cidades a sua mobilidade.

Os equipamentos associados ao lazer, recreio, e qualidade de vida, nos quais se incluem as estruturas verdes e os espaços públicos, são apontados como fatores de atracção dos espaços urbanos, tornando-os preferenciais em relação aos outros.

O metro do Porto nos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar, enquanto infraestrutura inserida em espaço urbano, associa à mobilidade uma estrutura verde de uso público, sendo necessário entender de que modo se encontram integrados enquanto promotores da circulação de pessoas e da qualidade do espaço urbano.

Este capítulo começa por fazer uma breve resenha histórica da origem do metro como meio de transporte público com referência aos primórdios na cidade de Londres e aos dois casos de estudo de enquadramento ao metro do Porto, incluindo umas curtas notas sobre o sistema francês. Segue-se uma outra breve resenha histórica de duas décadas de metro do Porto, e planeamento do sistema de transportes públicos na AMP após o que se apresentam diversos aspetos pertinentes para a compreensão do fenómeno em estudo nesta dissertação e relacionados com a evolução dos sistemas de transporte público e a demografia. Por último, em 4.4 trata-se do significado da interpretação do metro enquanto infraestrutura geradora de espaço público e corredor verde.

4.1 O METRO COMO OPÇÃO DE MEIO DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO E METROPOLITANO

O metro como meio de transporte urbano e metropolitano tem as suas origens na cidade de Londres e emerge da revolução industrial. Muitas outras capitais e cidades europeias e do mundo começaram de imediato a adotar o metro como meio de transporte público tendo vindo a ganhar grande popularidade. Mais recentemente, o metro tem vindo a registar um novo momento de forte adesão por parte dos gestores urbanos e dos utilizadores. Cidades como Estrasburgo, Bordéus e o Porto integram as que mais recentemente aderiram a este tipo de transporte público.

Desde meados do séc. XVIII que Londres se apresentava fortemente congestionada verificando-se expansão urbana em contínuo para norte do Tamisa, desde a zona portuária Este (Docklands) até á zona do Hyde Park. Por esta altura, era grande o crescimento da população londrina ultrapassando, no séc. XIX, um milhão de habitantes. As condições de habitabilidade no centro da cidade eram pouco agradáveis e insalubres, o que levou a que as classes altas e médias preferissem viver em bairros residenciais periféricos (Mayfair, Belgravia e South Kensington), situados a cerca de 4 km da City, bairros que eram considerados mais agradáveis e saudáveis. A expansão para estas periferias foi possível porque as classes sociais que as realizavam podiam pagar os custos das deslocações (Sort, 2006).

Ainda no séc. XIX, face ao elevado número de habitantes e dimensão que a cidade atingiu, surgiram transportes públicos baseados na utilização dos caminhos-de-ferro e carruagens de cavalos. A primeira linha ferroviária comercial do mundo em espaços urbanos surgiu em 1830 entre Liverpool e Manchester.

Pouco depois, entre 1859 e 1863, construiu-se a primeira linha de metropolitano, um comboio a vapor que percorria um túnel numa extensão de 6 km até ao centro da cidade tendo sido o metro de Londres construído desde o seu início numa opção de sistema subterrâneo (Figura 4.1) (Sort, 2006). Paralelamente à construção do metro foram desenvolvidas políticas de tarifas baixas para bilhetes em horários de viagens da classe operária (entrada em Londres antes das 7 da manhã). Estas ações tiveram por consequência o êxodo das classes mais baixas para os novos subúrbios (oferta de melhores condições de vida e procura da natureza) o que provocou algum descongestionamento das

ruas no centro da cidade concretizando-se os objetivos das autoridades locais da época que pretendiam melhorar as condições de vida e de mobilidade na cidade (Sort, 2006).

Com a chegada de novas técnicas de construção e da tração elétrica em 1890, foi possível a construção de túneis em profundidade e o aparecimento de carruagens sobre carris num modelo próximo ao que hoje conhecemos como metro subterrâneo, constituindo-se como o primeiro metro de tração elétrica do mundo tendo rapidamente desenvolvido um elevado nível de complexidade de rede e coordenação de horários.

Durante os primeiros três decénios do séc. XX, o metro continua a sua expansão não só no centro como por terrenos periféricos rurais que se vão urbanizando tendo havido um interregno com a II Guerra Mundial mas, após esta, o metro continua a fazer a expansão da sua rede. Atualmente o metro de Londres apresenta traçados subterrâneos e de superfície (em cerca de 50% para cada situação), tem 270 estações e aproximadamente 400 km de extensão podendo-se dizer que a cidade e o metro se foram desenvolvendo e crescendo conjuntamente (Transport for London, s.d).

Depois da construção do metro de Londres foi grande a evolução dos sistemas, traçados e equipamentos deste tipo de transporte, tendo sido construídos metros em muitas cidades do mundo, ora em situações subterrâneas, ora em superfície, sendo hoje um transporte público muito utilizado.



Figura 4.1: Construção do túnel do Metro de Londres em 1862 (método *cut & cover*)
Fonte: London Transport Museum

Em França, o transporte de tração elétrica foi o precursor do metro de superfície, nomeadamente dos metros de Estrasburgo e Bordéus. A tração elétrica foi prática comum e generalizada em França, havendo registos que em 1930 cerca de 98 municípios utilizavam o carro elétrico como transporte público municipal (Gerard *et al.*, 2001). Ainda segundo estes

autores, este transporte foi progressivamente abandonado após a II Guerra Mundial, o que se deveu às dificuldades financeiras para reposição de carris e material circulante, tendo sido o autocarro e o carro particular os transportes alternativos que foram tomando lugar nas cidades francesas. Só na década de 80 do séc. XX, vários municípios franceses, e muito devido a questões ambientais, à crise do petróleo e ao aumento dos problemas de circulação e de transporte que se faziam sentir nos perímetros urbanos, se começou a refletir sobre sistemas de transportes públicos. Nomeadamente, voltou-se a refletir sobre transportes públicos sobre carris em áreas urbanas. De entre os vários tipos de transportes, o metro foi a opção de algumas cidades, por vezes em sistema enterrado outras em superfície. O sistema de metro enterrado foi opção em cidades como Lille, Toulouse e Rennes e em superfície foi opção nas cidades de Grenoble, Nantes, St Denis/Bobigny, Rouen e Estrasburgo argumentando-se serem soluções mais económicas e rápidas de implementar (Gerard *et al.*, 2001).

4.1.1 Estudos de caso: os Metros de Estrasburgo e de Bordéus

O metro de Estrasburgo foi considerado pela Metro do Porto S.A. como metro de referência internacional encontrando-se na década de 90 do séc. XX em fase de construção. Praticamente na mesma data, também a cidade de Bordéus projetava o seu metro. Desde longa data houve uma estreita relação entre Porto e Bordéus, cidades portuárias atlânticas e graníticas, e havendo a coincidência de também estar em projeto os seus metros, considerou-se que Estrasburgo e Bordéus eram casos de estudo a considerar.

Também foram ponderados na seleção dos casos de estudo a grande extensão em superfície das linhas, a utilização de novas tecnologias e a inserção em áreas metropolitanas de média dimensão com indicadores demográficos e socioeconómicos não muito distintos do Porto. Simultaneamente com os projetos do metro desenvolveram-se projetos de requalificação urbana e, nas três cidades, os metros foram dinamizados a partir das forças administrativas locais e não de planos estratégicos nacionais. Como particularidade diretamente associada com o objeto desta dissertação, há a referir a importância dada à arborização como elemento de composição nos espaços verdes públicos situados ao longo da via.

Quando se iniciou o projeto do metro de Estrasburgo, no início da década de 90 do século passado, a cidade tinha uma população de cerca de 255000 habitantes encontrando-se inserida numa área regional relativamente pequena e com forte relação com o rio Reno (Gehl e Gemzøe, 2002). Trata-se de uma cidade com longa história, sendo um centro cultural e comercial e cujo seu centro histórico foi considerado Património Histórico da Humanidade pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) em 1988.

A opção pelo metro de superfície em Estrasburgo suscitou dúvidas tendo havido grande debate entre as forças políticas e os comerciantes da cidade mas, após a eleição de Catherine Trautmann em 1989 para presidente de câmara, o metro de superfície foi assumido como sendo o melhor sistema de transporte público para a cidade (Hall, 2013).

O congestionamento do tráfego e a poluição foram as principais razões que levaram a repensar o sistema de transportes tendo-se na seleção do sistema e tipo de construção a utilizar ponderado aspetos como: requalificação do espaço urbano, custos de instalação, velocidade de circulação e número de passageiros a transportar (Freemark, 2010).

A política de requalificação das ruas adotada, quando da intervenção do metro de Estrasburgo foi a de intervir “fachada a fachada” ou seja na intervenção ao longo de todo o perfil transversal e longitudinal dando-se grande ênfase à requalificação do espaço público, tanto no centro da cidade como nas periferias. Conjuntamente foram projetadas vias pedonais, ciclovias e parques de estacionamento de apoio ao metro.

No que diz respeito às políticas de arborização, apostou-se nas áreas periféricas definindo-se espaço público linear arborizado e zonas verdes na continuidade da linha do metro tendo o arquiteto paisagista Alfred Peter sido o responsável pelo desenvolvimento desse programa que Gehl e Gemzoe (2002) consideraram ecologicamente visionário.

Na cidade de Estrasburgo já tinham existido transportes públicos sobre carris tendo os elétricos sido utilizados até 1960, e houve ainda uma experiência de dois anos com troleicarros, também na década de 60. A partir desta data, os transportes públicos ficaram limitados ao uso dos autocarros e a alguns comboios locais (Gerard *et al.*, 2001). Após vários anos de debate e realização de estudos sobre os sistemas de transporte para a cidade, em 1989 é tomada a decisão da construção do metro de superfície em Estrasburgo que foi inaugurado em 1994 (Figura 4.2).



Figura 4.2 Mapa do metro de Estrasburgo e metro de superfície em Estrasburgo
Fonte: <http://www.trams-in-france.net/reload.htm?strasbourg.htm>; imagem de Abiwab

A cidade de Bordéus também pretendia construir o metro desde 1980 apontando para um sistema subterrâneo, mas Alain Juppé, presidente de Câmara de Bordéus e ex-primeiro-ministro francês, alterou a opção inicial decidindo construir o metro em sistema de superfície (Le Tram de Bordeaux, s.d). Como principais argumentos justificativos da alteração do sistema construtivo de metro enterrado para metro de superfície foram apresentados os seguintes: os custos de construção do sistema de superfície eram inferiores ao do sistema enterrado, o investimento poupado com a construção em superfície poderia ser reinvestido na melhoria dos outros meios de transporte, o metro de superfície era promotor da qualidade do ambiente e da multifuncionalidade do espaço público, oferecia a possibilidade de construir um maior número de estações no sistema de superfície o que se traduziria numa maior possibilidade de ligações entre diferentes transportes e uma resposta mais eficaz a funções urbanas e, por fim, não só era menos oneroso na fase de construção, como também depois se tornava mais fácil de expandir, permitindo reajustes constantes de acordo com os requisitos do desenvolvimento urbano (Gerard *et al.*, 2001).

Após vários anos e estudos, a Comunidade Urbana de Bordéus aprovou em 1997 o metro de superfície, tendo apenas sido reconhecido em 2000 pelo governo central como um projeto de interesse público. O metro de Bordéus foi inaugurado em 2003 (Figura 4.3) (Le Tram de Bordeaux, s.d).

O metro de Bordéus, sendo de superfície, destaca-se pelo tipo de alimentação APS (*Alimentation par le Sol*) em que um terceiro carril faz essa alimentação. Este sistema apenas foi utilizado em alguns troços de certas linhas, tendo esta tecnologia sido usada pela primeira vez no mundo nesta cidade, permitindo eliminar os impactos visuais negativos na paisagem provocados pela presença de linhas e catenárias (Le Tram de Bordeaux, s.d).



Figura 4.3 Mapa do metro de Bordéus e metro de superfície em Bordéus
Fonte: www.bordeaux-map.com/maps.htm; imagem Bernard Tocheport

Tendo os projetos dos metros de Estrasburgo e Bordéus sido pensados ao longo das décadas de 80 e 90 e construídos nas décadas de 90 e no início do séc. XXI, tal como o metro do Porto, justifica-se fazer a comparação quanto à extensão da sua rede, estações e número de linhas implementadas (Quadro 4.1). O metro do Porto utiliza em algumas das suas linhas, estações e linhas desafetadas da rede ferroviária o que (em princípio?) facilitou a construção da rede. Mesmo assim, considera-se importante ressaltar a capacidade de implementação do metro do Porto, que sendo uma construção relativamente recente, inaugurado em 2003, tem a maior extensão dos três metros.

Quadro 4.1. Dados relativos aos Metros de Porto, Bordéus e Estrasburgo no ano de 2013

	Porto ¹	Bordéus ²	Estrasburgo ³
Ano de Abertura	2003	2003	1994
Extensão da rede (km)	67	43,9	57,5
Número de estações	81	90	72
Número de linhas	6	3	6

Fonte: ¹ <http://www.metrodoporto.pt/>; ² <http://www.lacub.fr/tramway/chiffres>;
³ <http://www.trams-in-france.net/reload.htm?strasbourg.htm>

Relativamente à evolução processual dos metros de Estrasburgo e Bordéus pode-se dizer que foram semelhantes desenvolvendo-se nas décadas de 80 e 90 sob forte dinamismo autárquico que promoveram estudos, debates e mobilizaram os financiamentos.

Autarcas e técnicos envolvidos em estudos do metro do Porto deslocaram-se em 1990 a Estrasburgo com o objetivo de avaliar soluções técnicas e modelos de financiamento (Oliveira, 2007). Em março de 1993 instituiu-se o primeiro regime jurídico de exploração de um sistema de metro ligeiro na área metropolitana do Porto (DL 71/93 de 10 de março) que consagrava a atribuição da exploração desse sistema, em exclusivo, a uma sociedade

anónima de capitais públicos designada Metro do Porto, S. A., sociedade que foi constituída em 6 de agosto de 1993, tendo como sócios a Área Metropolitana do Porto, a Caminho de Ferros Portugueses, E. P. e a Metro de Lisboa, E. P., que subscreveram, respetivamente, 80%, 15% e 5% do capital social, tendo os estatutos sido publicados em Novembro de 1994 (Pinho *et al.*, 2008). Em dezembro de 1994 faz-se o lançamento do *Concurso Público Internacional de Pré-Qualificação para a concepção, construção, equipamento e operação do SMLAMP* tendo-se feito a adjudicação do projeto em dezembro de 1998. A construção da primeira linha teve início em 1999 tendo sido inaugurada em 2003 (Pinho *et al.*, 2008).

O metro do Porto é essencialmente um metro de superfície que contava, no final de 2013, com 6 linhas numa extensão de 67 km de extensão e 81 estações, sendo 88,5% da extensão do metro do Porto em superfície e 82,7% das estações também em superfície. As carruagens têm cerca de 75% da sua área envidraçada (Metro do Porto, s.d).

Face aos valores apresentados pode-se dizer que o utilizador está permanentemente em contacto com a paisagem, quando se desloca nas carruagens, caminha para a estação, espera ou faz transbordo na estação pelo que a qualidade do espaço e da paisagem em que se insere a infraestrutura são fatores determinantes da seleção que o utilizador faz sobre o modo como se desloca.

4.2. DUAS DÉCADAS DE METRO DO PORTO

No início, o projeto do metro do Porto não teve grande credibilidade por parte da população, tendo um estudo de opinião realizado nessa altura revelado que apenas 3% da população considerava possível a implantação do metro (Oliveira, 2007). No entanto, a continuidade do projeto e a sua promoção e insistência como solução de transporte público para a AMP pelos políticos locais foram sucessivamente mobilizando os financiamentos e os apoios necessários do poder central e europeu para as várias fases do empreendimento, dada a necessidade de desenvolver a região e resolver os problemas de mobilidade que a área metropolitana e a cidade do Porto sofriam à época. O projeto foi sendo concretizado e as populações começaram a acreditar na sua viabilidade.

Desta vontade, dos estudos realizados e da evolução de processos em 1994 foi lançado, como referido, o *Concurso Público Internacional de Pré-Qualificação para a concepção, construção, equipamento e operação do SMLAMP* (Pinho *et al.*, 2008), tendo sido selecionado o consórcio de empresas Normetro – Agrupamento do Metropolitano do Porto, Ace liderado pelas empresas Soares Costa e ABB Daimler-Benz Transportation. O projeto de execução para a realização de 2 linhas urbanas (Matosinhos-Maia e S. João-Vila Nova de Gaia) e duas linhas suburbanas (Matosinhos-Póvoa de Varzim e Matosinhos-Trofa) teve início em 1999 (Mulazzani, 2006).

Sendo o projeto geral do metro do Porto coordenado pelo arquiteto Eduardo Souto Moura, foram envolvidos outros arquitetos na realização de projetos de algumas linhas, estações e troços nomeadamente: Fernando Távora e José Bernardo Távora na Linha de Matosinhos, Alcino Soutinho no centro de Matosinhos, Rogério Cavaca na linha de Vila Nova de Gaia, Humberto Vieira na recuperação das estações de comboio das linhas da Póvoa e Trofa, Álvaro Siza na estação de S. Bento, no Porto, João Álvaro Rocha na linha da Maia, Bernardo Ferrão na recuperação das velhas estações de comboio da Trofa e Adalberto Dias na zona do Hospital de S. João. Por falecimento de Humberto Vieira e Bernardo Ferrão, José Gigante foi convidado a ficar com esses projetos (Mulazzani, 2006). No entanto esta subdivisão do projeto do metro foi entendida como se “(...) *todas as intervenções se desenvolveram segundo um projecto autónomo, mas integrado num sistema de regras estudado e controlado por Souto de Moura. Tal sistema garantiu a uniformidade da imagem geral (conseguindo manter um controlo dos custos e um alto nível de qualidade)*” (Mulazzani, 2006: 24).

Quanto à delimitação da área de intervenção que se iria integrar no projeto desejava-se ir para além do “corredor” onde se insere a linha e as estações, tendo-se transformado a intervenção do metro numa ação de requalificação urbana abrangente de espaço público onde se desejavam elevados padrões de qualidade de desenho e de seleção de materiais.

O Quadro 4.2 indica as ações realizadas até 2011 pela Metro do Porto, S.A. e as que se encontram projetadas pela mesma empresa para serem implementadas no primeiro quartel do séc. XXI, constatando-se que se tem por objetivos terminar linhas iniciadas, ampliar a rede metropolitana e implementar linhas radiais, no sentido de permitir melhores e mais rápidas ligações.

Quadro 4.2 Síntese das ações realizadas pela Metro do Porto S.A. até 2011 e propostas até 2025

Ano	Ações realizadas até 2011	Ações propostas até 2025
1993	Constituição da Metro do Porto, S.A.	
2003	Inauguração do Troço Trindade – Sr. de Matosinhos (extensão 11826 metros e 18 estações); Inauguração da Ponte do Infante.	
2004	Inauguração do Funicular dos Guindais; Inauguração do troço Estádio do Dragão – Trindade (extensão 3823 metros e 5 estações).	
2005	Inauguração do troço Senhora da Hora – Pedras Rubras (extensão 6744 metros e 5 estações); Inauguração do troço Fonte do Cuco – Fórum da Maia (extensão 5984 metros e 6 estações); Inauguração do troço Câmara de Gaia – Pólo Universitário (extensão 5723 metros e 10 estações); Abertura do troço João de Deus – Câmara de Gaia (extensão 405 metros e 1 estação).	
2006	Inauguração do troço Pedras Rubras – Póvoa de Varzim (extensão 17228 metros e 15 estações); Abertura do troço Fórum da Maia – ISMAI (extensão 4484 metros e 4 estações); Abertura do troço Pólo Universitário – Hospital de São João (extensão 1180 metros e 2 estações); Inauguração do troço Verdes – Aeroporto (extensão 1480 metros e 3 estações).	
2008 - 2011	Inauguração do troço Dragão - Cabanas (extensão 6,6Km e 10 estações); Inauguração do Troço D. João II / St. Ovídio (extensão 5000 metros e 1 estação).	
2008 - 2018		2ª Fase Extensão da linha da Trofa: ISMAI / Trofa; Extensão da linha Amarela :St. Ovídio / Laborim; Extensão de Campo Alegre: Matosinhos Sul / S. Bento; Extensão de São Mamede: Pólo Universitário / V. Gama; Extensão a Valbom: Campanhã Gondomar.
2018 - 2022		3ª Fase Ligação Campanhã / F. Letras; Ligação F. Letras – Laborim \ Vila d'Este; Ligação da Boavista; Ligação H.S.João : Maia \ Verdes.

Fonte: <http://www.metrodoporto.pt/document/827457/888020.pdf> e Metro do Porto S.A. (Departamento de infraestruturas; Departamento de exploração e Departamento de planeamento e controlo de gestão).

4.2.1 Os transportes públicos e seu planeamento até à chegada do Metro do Porto

O metro do Porto praticamente foi projetado e construído em duas décadas entre finais do séc. XX e início do séc. XXI. No entanto, a cidade do Porto e municípios envolventes em finais do séc. XIX já tinham instalado os seus primeiros transportes públicos sobre carris que consistiam em carruagens de tração animal designadas de “americano” por os equipamentos terem origem nos Estados Unidos. Este transporte foi inaugurado em 1872 ligando o Porto a Leça da Palmeira. Logo no ano de 1878 se instalou a tração a vapor na

ligação da Boavista à Foz (Cadouços) sendo designada de “Máquina” sendo que em 1883 se fez a extensão desta linha a vapor desde a Foz (Cadouços) até Matosinhos via Rua de Gondarém (Pacheco, 1992^a; Sousa e Alves, 2001).

No final do séc. XIX, o Porto dispunha de dois tipos de transporte público sobre carris, o americano e a linha de tração a vapor que eram explorados por duas companhias que não só eram responsáveis pela construção como pela operacionalização: a Companhia Carril Americano do Porto à Foz e Matosinhos, vulgarmente conhecida por “Companhia de Baixo”, e a Companhia Carris de Ferro do Porto, vulgarmente conhecida por “Companhia de Cima” que acabaram por ser fundidas em 1893, ficando apenas uma empresa com a designação de Companhia Carris de Ferro do Porto (Pacheco, 1992^a; Sousa e Alves, 2001).

A tração animal apresentava fortes limitações nomeadamente porque não conseguia transportar cargas demasiado pesadas. Era necessário utilizar várias parelhas de cavalos para vencer a inclinação de algumas ruas da cidade e a utilização de animais tornava a gestão complexa com necessidade de períodos de repouso. A sujidade nas ruas era um aspeto que não era bem visto pela população e autoridades. A eletrificação chegou em 1895 na linha da Restauração e, depois, em 1896 com a linha do Infante – Castelo do Queijo-Leça (Sousa e Alves, 2001). Em 1904 terminou a tração animal e, em 1914, ocorreu a supressão das locomotivas a vapor passando o carro elétrico a dominar toda a rede de transportes públicos (Pacheco, 1992^a).

O início do séc. XX traz a expansão das linhas de elétrico pela cidade do Porto e suas periferias podendo-se verificar na “Planta Geral da Rêde em 31 de Dezembro de 1914 da Companhia Carris de Ferro do Porto” que o elétrico nesta primeira década já chegava no Porto ao Castelo do Queijo, Paranhos, Areosa e S. Roque e, nas periferias, a Matosinhos (Leça da Palmeira e Ponte da Pedra), Maia (Águas Santas com extensão projetada a Ermesinde), Gondomar (Venda Nova) e Vila Nova de Gaia (Devesas e Stº Ovídeo) (Sousa e Alves, 2001).

O desenvolvimento urbano foi-se fazendo ao longo dos eixos de circulação e paragens do elétrico levando ao surgimento de atividades e, conseqüentemente, ao aparecimento de maior número de utilizadores. O espaço público urbano que acompanhava estes eixos lineares de circulação vai adquirindo relevância, passando muitas das áreas de paragem, mercados ou campos, a praças, jardins e ruas arborizadas.

A Câmara Municipal do Porto e a população em geral começam nesta primeira metade do séc. XX a fazer pressões no sentido de se resgatar a Companhia Carris de Ferro

do Porto (CCFP) pela Câmara, alegando-se lentidão na construção da rede de elétricos, falta de cobertura dos vários pontos da cidade e garantia das ligações com as periferias, excessiva idade das carruagens, ausência de linhas em percursos considerados pouco rentáveis mas que eram considerados importantes para o crescimento da cidade e, por fim, as pavimentações e a requalificação urbana da cidade não estavam controladas. O regaste acabou por acontecer em 1946, dando origem ao Serviço de Transportes Coletivos do Porto (STCP) (Sousa e Alves, 2001).

Sendo os elétricos o transporte coletivo do Porto mais utilizado e o que assegurava a mobilidade na cidade e entre a cidade e as periferias até meados do séc. XX, em 1948 introduziu-se a primeira linha de autocarros, resultado de novas perspetivas sobre os transportes públicos (Gomes, 2011). A partir dos anos 40, o transporte público passou a ter outras abordagens o que implicou a realização de estudos técnicos capazes de configurarem as linhas de transporte em rede. Destaca-se deste período o estudo realizado pelo Eng.º Rosas da Silva (1939) que defendia a articulação dos transportes e a alteração da rede que deveria ser feita de acordo com o “Anteplano Regional do Porto”, coordenado pelo Eng.º Almeida Garrett e em execução tendo terminado em 1947. O plano do Eng.º Rosas da Silva tinha por objetivo descongestionar a área central da cidade, facilitar a ligação dos bairros oriental e ocidental e promover uma melhor urbanização da periferia (Sousa e Alves, 2001).

Na década de 50, o Porto apresentava cerca de 300000 habitantes e tinha uma taxa de motorização de 12000 veículos sendo o crescimento previsto de 1000 veículos/ano (Grande, 2011) pelo que aspetos associados à mobilidade são introduzidos no “Plano Regulador da Cidade do Porto” de 1952, também coordenado pelo Eng.º Almeida Garrett, que articula a rede de transportes numa perspetiva regional interligando rede ferroviária, transportes navais e componente rodoviária em diferentes traçados e hierarquização de vias de e para o Porto, num momento em que o transporte motorizado, público e privado de passageiros e de mercadorias se encontrava em expansão (Gomes, 2011).

Na década de 60, a rede de transportes públicos da região do Porto assentava em elétricos, linha ferroviária, autocarros e troleicarros (introduzidos em 1959) que asseguravam a ligação da rede urbana do Porto à rede suburbana dos aglomerados vizinhos e também se verificava o crescimento do parque automóvel. Eram grandes as dificuldades que se sentiam para circular o que se devia, em certa medida, ao acentuado êxodo rural e falta de resposta dos transportes públicos, pelo que ao abrigo do Decreto-lei nº 43457 de 1960 foi criado o Gabinete de Estudos e Planeamento de Transportes Terrestres que ficou responsável pelo estudo “A Problemática do Serviço de Transportes Colectivos do Porto”. Desse estudo,

resultou um plano de ação para os transportes da região do Porto que teve por consequência a realização de outros estudos, destacando-se o que foi coordenado pelo Prof. Kurt Liebrand (1972), perito da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico) (Sousa e Alves, 2001). O estudo de Liebrand com o título “Sistema de Transportes de Passageiros de Porto e Concelhos Limítrofes” “(...) visava a reestruturação do sistema de transportes coletivos, de modo a serem “coordenados, funcionais e economicamente optimizáveis”, num horizonte estabelecido até 1985” (Gomes 2011: 145).

O “Plano Director da Cidade do Porto”, elaborado por Robert Auzelle e aprovado em 1964, atribuiu importância aos problemas relacionados com a circulação tendo preconizado conjuntamente com o crescimento do tecido urbano uma estrutura hierarquizada de vias e pontes rodoviárias destinadas à circulação rodoviária rápida (Grande, 2011).

As situações de congestionamento persistiam ao longo dos anos e eram cada vez mais preocupantes o que se devia ao aumento da dispersão do espaço construído e às baixas velocidades comerciais dos transportes urbanos no Porto (cerca de 10km/h) que tornavam o transporte público pouco eficiente levando a que se optasse pelo transporte individual (Gomes, 2011). Considerando ser necessário a resolução do problema de mobilidade, em 1975 a Direcção Geral de Transportes Terrestres (DGTT) delegação do Norte, formou um grupo de estudos que visava a realização de um plano de transportes da região do Porto que tinha por objetivo delinear uma política de transportes a longo prazo, elaborar um programa de ação a curto e a médio prazo e assegurar a monitorização do estudo com a recolha de informação. Em 1980 surge o “Plano de Transportes da Região do Porto”, apresentado pela Comissão de Coordenação da Região Norte (CCR-N), entretanto constituída em 1979, plano que estuda conjuntamente os sistemas de transporte com o planeamento urbano reconhecendo-se a importância estratégica dos transportes urbanos no desenho da cidade (Gomes, 2011).

Pensando numa política de transportes urbanos para a AMP, desenvolve-se o estudo “Transporte Coletivo em Sítio Próprio”, apresentado pelo STCP em 1989, que propôs o metro ligeiro como solução para os problemas de mobilidade na AMP (Pinho *et al.*, 2008), dando-se início a estudos de viabilidade e de traçado, constituindo-se formalmente em 1993 a empresa Metro do Porto S.A., conforme referido.

No final da década de 90, a rede de Transportes Coletivos do Porto tinha praticamente abandonado o elétrico apostando essencialmente numa rede de linhas de autocarros e dava-se início ao projeto do Metro.

Atualmente a AMP apresenta um Sistema Integrado de Transporte Público que engloba o barco (Linha Porto-Afurada), comboio, autocarro, metro, tração por cabo (teleféricos – Vila Nova de Gaia e Funiculares - Porto) e elétrico. Muitos destes transportes encontram-se interligados em estações intermodais. Tendo por objetivo o incentivo do uso misto de carro e transporte público, parques de estacionamento foram distribuídos por diversas estações ao longo das linhas do Metro, havendo em alguns conexões com outros tipos de transportes (Metro do Porto s.d).

Em 2009 realizou-se o “Plano Regional de Ordenamento do Território do Norte – PROT – Norte” que incorpora um conjunto de estudos setoriais destacando-se no contexto deste subcapítulo o de Acessibilidades, Mobilidade e Logística desenvolvido pelo Eng.º António Pérez Babo. A proposta apresentada para a região Norte assenta em sistemas que funcionam em rede e multimodais, numa estrutura hierárquica e diversificada rodoviária, ferroviária, portuária, aeroportuária, metro e elétricos, numa proposta de conciliação entre o transporte público e o automóvel (Babo, 2009). No que diz respeito ao metro considera que a futura expansão da rede de metro na AMP necessita de redefinição programática devendo-se dar prioridade às zonas urbanas, sendo que a zona central da área metropolitana deverá ser dotada de um esquema que assegure diversidade de oferta de soluções de transportes (viabilização do indivíduo multimodal).

Interessante é também a proposta apresentada para a implementação de redes de elétricos na cidade do Porto numa visão de *“(...) reforço das cidades do “urbano intensivo” através de exercícios de compactação e sobreposição de funções, sendo determinante nessa política a multimodalidade, a articulação entre os transportes públicos (públicos ou individuais) e os privados (motorizados ou não), assim como a organização e reforço da capacidade de gestão dos diferentes sistemas urbanos”* (Babo, 2009: 121).

Pode-se concluir que os transportes públicos na AMP têm vindo a ser planeados e instalados como sistemas em rede, hierarquizados e em complementaridade, procurando atender às características de uso do território em que se inserem e às necessidades de enquadramento regional e com o restante território nacional e europeu.

4.3 TRANSPORTES PÚBLICOS, DEMOGRAFIA E MOVIMENTOS PENDULARES NO PORTO, EM MATOSINHOS, NA MAIA E EM GONDOMAR

O metro do Porto é responsável pela deslocação diária de milhares de indivíduos pelo que tendo em vista os objetivos desta dissertação se considera ser fundamental entender quem são, de que modo utilizam o metro e porque o fazem. Torna-se também necessário compreender as razões que levaram à instalação da infraestrutura e o porquê de atravessar determinados territórios em detrimento de outros.

Sabendo-se que foi na década de 90 que a empresa Metro do Porto S.A. refletiu sobre as soluções e estratégias a implementar, considera-se ser necessário contextualizar alguns dos principais aspetos ligados à mobilidade existentes nessa década. A cidade do Porto tinha 302641 habitantes e, de acordo com os Censos de 1991 (INE, 1991), era o aglomerado com maior número de habitantes da AMP. Verificavam-se constrangimentos na mobilidade, sendo difícil circular no interior da cidade do Porto, fazer o seu atravessamento ou estabelecer ligações com os concelhos limítrofes (Câmara Municipal do Porto, 2007).

Para se contextualizar a situação existente nessa década de 90 indicam-se no Quadro 4.3 algumas das infraestruturas rodoviárias que são hoje essenciais à mobilidade na cidade e região mas que à época ainda não se encontravam construídas.

Quadro 4.3 Infraestruturas existentes e em construção na AMP no início da década de 90 do séc. XX

Tipologias	Exemplos
Infraestruturas rodoviárias de trânsito rápido	Via de Cintura Interna apenas cruzava a Ponte da Arrábida e ligava à via Norte; Av. AIP com duas faixas em cada sentido; Rede integrada de Autoestradas (AE), Itinerários Principais (IP) e Itinerários Complementares (IC) - em execução.
Infraestruturas rodoviárias de distribuição	Nós distribuidores: Bessa Leite; Av. Boavista; Nós distribuidores: Av. das Antas - por construir.
Túneis na cidade para distribuição	Túneis de: Faria Guimarães; Campo Alegre; Túnel de: Praça das Flores - por construir.
Pontes no Douro	Ponte do Freixo (rodoviária) – por construir; Ponte do Infante (ferroviária) - por construir.

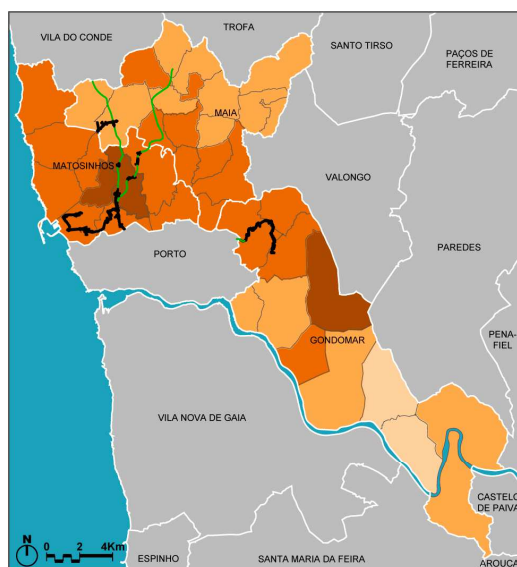
Fonte: Oliveira, 2007

Entende-se por mobilidade urbana, de modo simplificado, a facilidade de deslocação de pessoas, bens e mercadorias entre dois pontos distintos dentro do espaço urbano. Mobilidade distingue-se de acessibilidade, entendendo-se a segunda como o acesso da população às suas atividades e deslocações (Pinho *et al.*, 2008). O conceito de mobilidade está relacionado com as deslocações/movimentos diários (viagens de pessoas no espaço urbano) enquanto o de acessibilidade para além de integrar a efetiva ocorrência das deslocações, também inclui a facilidade e a possibilidade de ocorrência dessas deslocações.

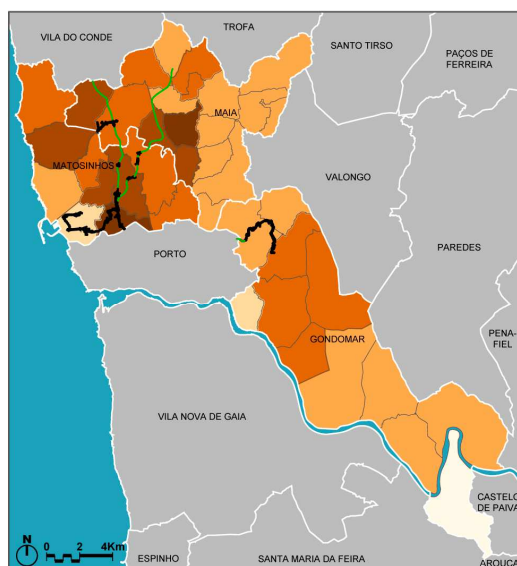
Tendo a mobilidade sido considerada no passado um privilégio das classes sociais mais altas ou, em alternativa, algo que era imposto aos pobres que se viam obrigados a ser vagabundos ou imigrantes, (Lynch, 2007) é hoje considerada necessária a sua disponibilidade a todas as classes sociais e cidadãos com diferentes tipos de capacidade. Ainda se entende ser a mobilidade por vários meios alternativos, um objetivo e um direito dos cidadãos, encontrando-se associada a conceitos como liberdade individual (capacidade de ir para onde se deseja), sociedade solidária (capacidade de criar sistemas que permitem a todos ter acesso a todos os locais) e desenvolvimento sustentável (a capacidade de criar sistemas de transporte público pouco poluentes e consumidores de energia) (Teles, 2005; Ascher, 2010).

A mobilidade permite igualmente o desenvolvimento das atividades humanas necessárias ao desenvolvimento humano e à sua subsistência como sejam à prática da sua atividade profissional (sector primário, secundário, terciário), habitação, lazer, saúde, educação, religião, reservas e abastecimento de água, produção e abastecimento de energia, saneamento e tratamento de resíduos, áreas/paisagens de proteção e salvaguarda e por fim, o acesso à informação.

A mobilidade é fundamental para que se possam desenvolver atividades em espaço urbano, sendo necessária a construção de estruturas lineares sobre a paisagem, que sejam simultaneamente capazes de responder às necessidades antrópicas, requalificação do espaço urbano e preservação e conservação dos valores ambientais e paisagísticos.



1900 - 1950

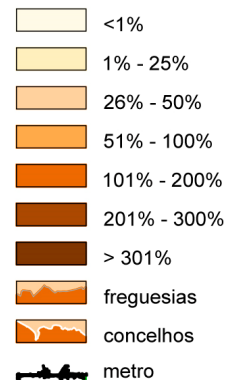


1950 - 2001



2001 - 2011

Variação da população (%)



Os espaços urbanos dos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar têm vindo a demonstrar ao longo do séc. XX dinâmicas demográficas positivas, havendo cada vez maior número de pessoas a viver e trabalhar nestes territórios. Algumas das freguesias da Maia, Matosinhos e Gondomar apresentaram variações percentuais da população superiores a 200%, resultado da combinação de vários fatores e dinâmicas que tiveram desenvolvimentos distintos ao longo do séc. XX (Figura 4.4).

Na primeira metade do séc. XX, a cidade do Porto exerceu grande capacidade de atração sobre os seus concelhos limítrofes como cidade centralizadora de serviços, comércio, indústria e cultura, pelo que gerou uma “*desconcentração urbanocêntrica*”, levando a que as freguesias que contactam mais diretamente com a cidade do Porto sejam atrativas para a concentração de maior número de habitantes (Figura 4.5) (Vázquez, 1993; Madureira, 2011).

Figura 4.4 Variação da percentagem da população residente nos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar entre 1900 e 1950; 1950 e 2001; 2001 e 2011
Fonte DGEPN (1905); INE (1952), INE (2011^a)

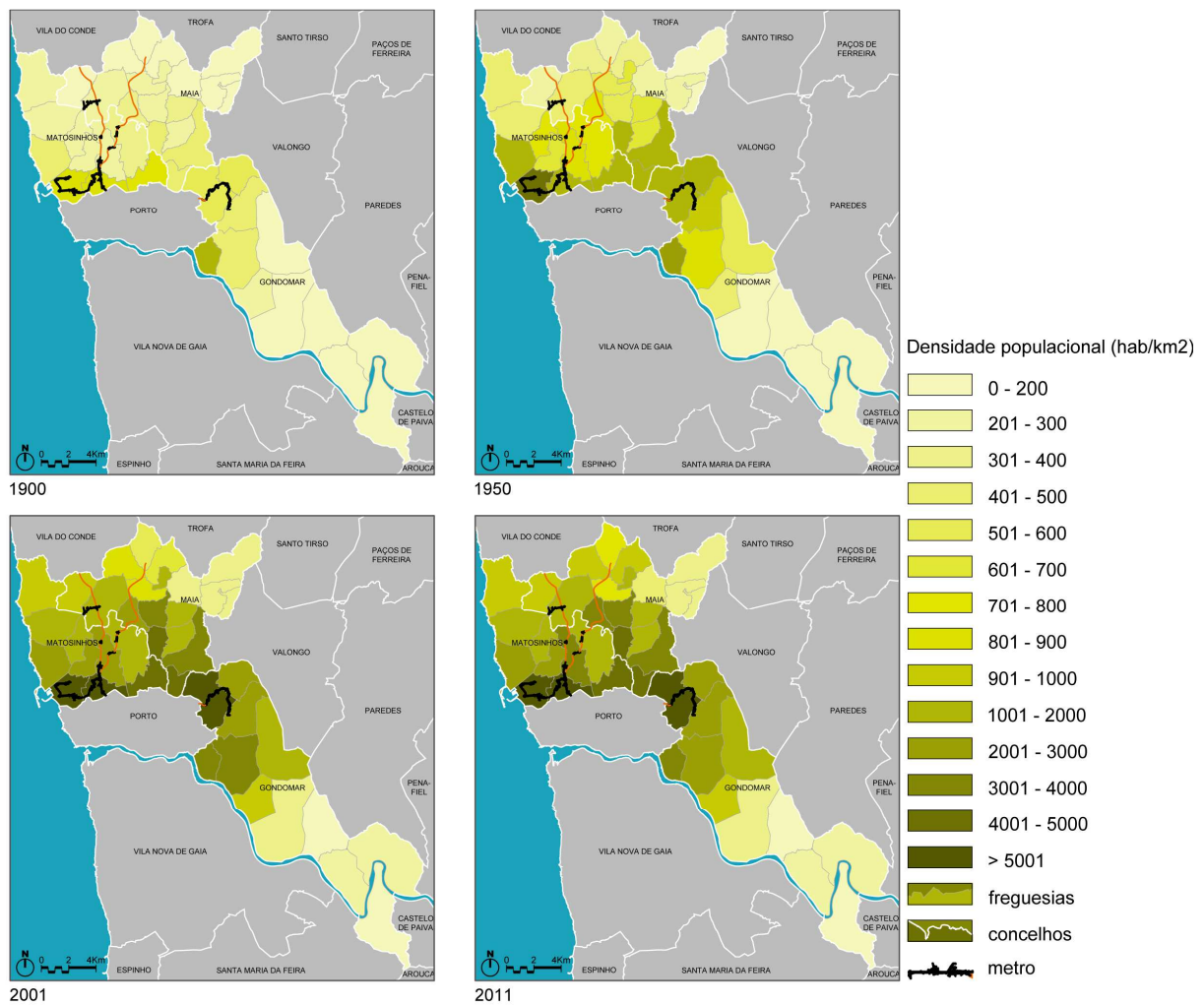


Figura 4.5 Evolução da densidade populacional nas freguesias de Matosinhos, Maia e Gondomar entre 1900 e 2011
Fonte: DGEPN (1905); INE (1952), INE (2011^a)

Estas freguesias ofereciam habitação a mais baixo custo, campos agrícolas para o cultivo, proximidade ao local de trabalho e eram servidas por transporte público (elétricos) que na década de 30 assegurava ligações entre o Porto e Monte dos Burgos, S. Mamede de Infesta, Areosa, Ponte de Rio Tinto, S. Caetano e S. Pedro da Cova (Peixoto, 1992, Madureira, 2011). O transporte sobre carris vai promover o desenvolvimento urbano linear ao longo dos “corredores” de circulação e paragens não havendo grande densidade populacional para além do “corredor” de circulação onde o espaço mantém as suas características de ruralidade (Pacheco, 1992^a).

No entanto, alguns aglomerados periféricos vão desenvolver autonomias tendo por consequência acréscimo populacional e aumento de densidades gerando-se espaços urbanos consolidados (centralidades) que mantêm articulação com a cidade do Porto. De entre estas centralidades que se desenvolvem na primeira metade do séc. XX destaca-se Matosinhos cujo desenvolvimento se deve à indústria conserveira, presença do porto de Leixões, elevado número de obras de construção civil (construção das docas nº 1 e 2 do Porto de Leixões, acessos rodoviários ao porto de Leixões e linha ferroviária de cintura), turismo balnear em Leça da Palmeira e transporte público (elétrico) constituindo-se como atividades atrativas de mão-de-obra. As linhas de transportes ferroviários presentes em Matosinhos neste início de século contribuem para o desenvolvimento desta centralidade e também para o aparecimento de zonas industriais associadas ao têxtil noutras freguesias no concelho, destacando-se a Senhora da Hora (Cleto, 1998; Oliveira, 2000; Sousa e Alves, 2001; Lemos, 2011).

A Maia na primeira metade do séc. XX mantém o povoamento disperso, muito associado à atividade agrícola, sem aparecer aglomerados que estabeleçam centralidades. Como se pode ver nas Figuras 4.4 e 4.5 algumas freguesias apresentam maior quantidade e densidade de habitantes o que se deve à proximidade da obra do porto de Leixões, linha ferroviária de cintura e linha de elétrico, que ofereciam mão-de-obra e proximidade à cidade do Porto, tendo essas freguesias uma ocupação em função do tipo de transporte (elétrico e comboio) que asseguravam as ligações pendulares entre casa e local de trabalho (Dionísio, 1964; Marques, 1999).

Gondomar vai também apresentar um padrão de ocupação associado às tipologias e trajetos oferecidos pelos transportes públicos que asseguravam as ligações ao Porto (elétrico e comboio), havendo maior crescimento e densificação nas freguesias de Rio Tinto, S. Pedro da Cova e Gondomar (Oliveira, 1983; Pacheco, 1992^a).

Pequenas unidades industriais e artesanais dispersas pelo território e a permanência da agricultura são características comuns de ocupação em todos os municípios, o que vai levar ao desenvolvimento de pequenos aglomerados numa malha densa e complexa de ligações.

Constata-se assim que na primeira metade do séc. XX, apesar da proximidade à cidade do Porto, que não se verifica um padrão de crescimento em mancha mas antes a emergência e consolidação de novas centralidades e grande dispersão da ocupação (Figura 4.4 e 4.5) e que as novas centralidades surgem associadas a espaços que desenvolvem indústria, redes viárias e transportes públicos. À medida que se densificam os espaços urbanos e aumentam as atividades, definem-se espaços para o recreio e lazer (alamedas e jardins) e requalificam-se ruas passando a haver arborização nos principais “corredores” de circulação e ao longo das estradas. A arborização neste início de séc. XX integra o espaço público dos aglomerados que definem centralidades.

Na segunda metade do séc. XX, o processo de descentralização continuou tal como a diversidade de usos no território, sendo apontadas como principais fatores a procura pela habitação mais económica e do espaço ideal de moradia com jardim, descentralização da indústria aumentando-se a diversidade de atividades produtivas (alimentar, bebidas, têxtil, couro, mobiliário, cortiças, metalurgia e construção de máquinas) e construção de hipermercados nas periferias. A terciarização prevalece e passa a ser o setor de atividade dominante concentrando-se os serviços nos aglomerados.

A relação dos vários municípios com a cidade do Porto manteve-se (cultura, ensino, saúde) mas os aglomerados (geralmente os mais antigos) passaram a dispor de serviços, comércio, indústria e infraestruturas de mobilidade. As populações passaram a viver e, ou, trabalhar nos vários municípios, verificando-se o aumento da população, não tanto em função de fenómenos migratórios como ocorreu na primeira metade do século, mas mais da capacidade de fixação das próprias populações nos concelhos.

Para além de se verificar o aumento da população nesta segunda metade do séc. XX (Figura 4.6) em todos os municípios (ao contrário do que se verificou no Porto), também ocorreu uma densificação, na continuidade do que se tinha verificado no início do século, mas o modelo de ocupação do território vai ser distinto e, em muito, devido ao tipo de transporte público. A partir dos anos 40, o elétrico, antes transporte preferencial, passou a ser o transporte público preterido, sendo substituído pelo transporte público rodoviário quer na cidade do Porto quer nos concelhos limítrofes, por ser considerado um transporte mais versátil capaz de circular nos arruamentos independentemente das suas condições topográficas, ao contrário do elétrico que é exigente quanto às condições de implantação (Pacheco, 1992^a).

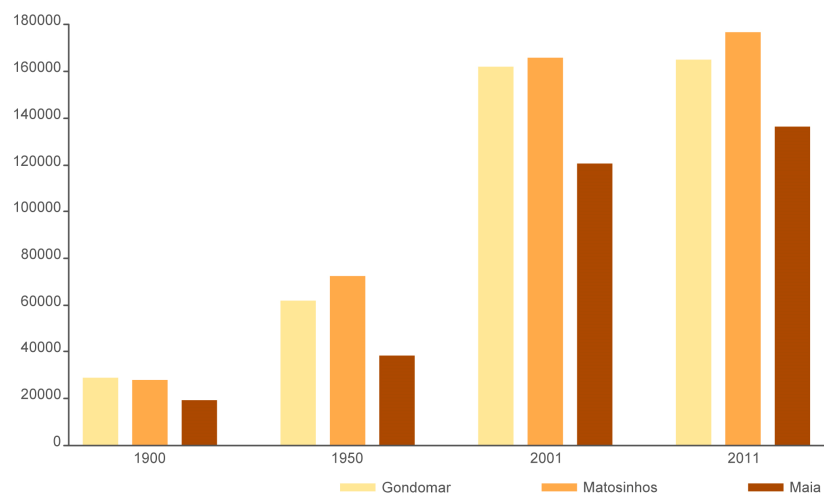


Figura 4.6 População residente nos concelhos de Gondomar, Matosinhos e Maia em 1900, 1950, 2001 e 2011
Fonte: DGEPN (1905); INE (1952), INE (2011^b)

À medida que o transporte sobre carris (elétrico) passa a ser substituído pelo transporte sobre rodas (autocarro) verifica-se que o desenvolvimento urbano, mantendo-se descentralizado, deixa de ser linear para ser mais dispersivo deixando de se implantar a habitação ou indústria ao longo do “corredor” ou junto da estação do transporte público, como ocorria no início do século com o elétrico ou comboio, para passar a ocupar os espaços intersticiais. Chegados à década de 70, os autocarros apresentavam uma vasta rede servindo as áreas residenciais e periferias permitindo movimentos pendulares dentro do município e entre municípios da região do Porto (Pacheco, 1992^a).

Foi também na segunda metade do século que se implantou um sistema rodoviário de vias rápidas que assegurava as ligações entre aglomerados, zonas industriais, zonas comerciais, grandes infraestruturas portuárias e aeroportuárias, o que potencializou a dispersão da ocupação do território. Estas vias rápidas propiciam a urbanização junto aos nós de acesso e a densificação (geralmente linear) da malha rodoviária secundária aspeto que é reforçado pela presença do transporte público rodoviário que tem a capacidade de penetrar nessa rede viária complexa.

A rede viária da segunda metade do séc. XX não promoveu a arborização dos espaços públicos nos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar. No que diz respeito à rede viária rápida, e apesar de se tratar de infraestrutura linear com faixas *non aedificandi* permeáveis, não foram delineadas estratégias de arborização que pudessem transformar estes espaços em corredores verdes promotores de biodiversidade e integração da infraestrutura na paisagem. No que diz respeito à rede viária secundária, por vezes arborizada desde a primeira metade do século, dada a intensidade de tráfego e densidade de urbanização foi perdendo a arborização do passado e não conseguiu adquirir nova arborização.

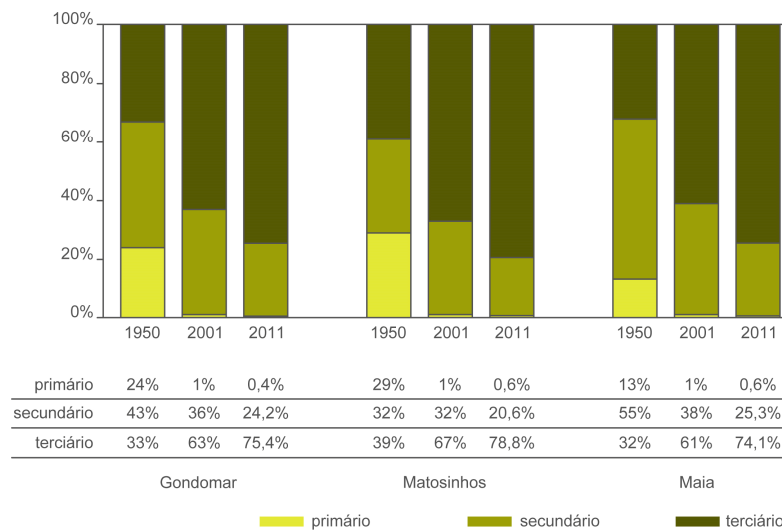


Figura 4.7 Distribuição da população por setor de atividade nos concelhos de Gondomar, Matosinhos e Maia em 1950, 2001 e 2011

Fonte INE (1952), INE (2011^b)

Quanto às centralidades, depois de Matosinhos, elas acabaram por surgir na Maia e em Gondomar, em resultado do desenvolvimento de novas infraestruturas, concentração de equipamentos, indústria, serviços e comércio (Vázquez, 1993; Pinho *et al.*, 2001).

À medida que as centralidades adquirem maior densidade e quantidade de população residente ao longo do séc. XX, o sector primário vai diminuindo (Figura 4.7) passando a população a dedicar-se a atividades dos sectores secundário e terciário o que implica a necessidade de espaços de recreio e lazer construindo-se jardins, largos e praças, e plantam-se árvores nas principais ruas. Os parques urbanos são construídos no interior das centralidades ou em áreas de conservação e proteção usufruindo das infraestruturas viárias que permitem fáceis e rápidos acessos.

No séc. XXI, os territórios periféricos vão-se manter atrativos para as populações apesar da atenuação do ritmo de crescimento populacional, por apresentarem áreas de comércio internacional, indústria com vocação exportadora e intensas relações com exterior, deterem estatuto de espaço metropolitano competitivo, possuírem estruturas universitárias e instituições dedicadas à investigação, centros tecnológicos, serviços de apoio à saúde, desporto, cultura, recreio e lazer (Figuras 4.4 e 4.6) (Área Metropolitana do Porto, 2008).

Neste século mantem-se a aposta na mobilidade mas diversificam-se as estratégias quanto aos transportes públicos. Se no séc. XIX se melhoraram as vias urbanas e implantaram transportes públicos sobre carris (Matosinhos), no início do séc. XX alargou-se a rede de carris em Matosinhos e Gondomar sendo que, a partir de meados do século se passou a investir nas grandes infraestruturas rodoviárias tendo-se construído complexas

redes de estradas em todos os concelhos. No séc. XXI é novamente o transporte sobre carris - metro de superfície - que se instala nos territórios com elevada densidade populacional (centralidades - aglomerados urbanos consolidados) ou com grande quantidade de população em aglomerados dispersos, maior número de serviços (escolas e ensino superior, instituições bancárias, autarquia, tribunal, hospitais), equipamentos desportivos, comerciais e lúdicos/recreativos (centros comerciais, cinemas, praias e parques urbanos), zonas industriais e acessos a infraestruturas estratégicas como o porto de Leixões e aeroporto Francisco Sá Carneiro, havendo preocupação de articulação com outros meios de transporte.

De acordo com os Censos de 2011, os três municípios apresentam um total de 478811 habitantes e 278,70 Km² (Matosinhos 175 478 habitantes e 62,30 Km²; Maia 135306 habitantes e 83,14 Km² e Gondomar 168027 e 133,26 Km²), numa ocupação policêntrica de aglomerados urbanos que ora se apresentam consolidados, ora fragmentados, sendo que nesta última configuração ainda se podem desenvolver pequenos aglomerados dispersos sobre o espaço ou ao longo dos principais eixos viários (INE, 2011^b). É nesta complexidade de configurações urbanas que o metro do Porto se insere, percorrendo centralidades como Matosinhos, Senhora da Hora e Maia, urbano fragmentado cuja edificação se acentua ao longo do eixo viário principal (Aeroporto Francisco Sá Carneiro ao longo da antiga estrada nacional 107) ou urbano fragmentado disperso cuja edificação ocorre por todo o território (grande parte da linha de Gondomar).

O espaço público e a arborização urbana que os municípios atualmente apresentam em parques, jardins, praças, largos, adros, terreiros, espaços verdes de enquadramento, encontram-se no espaço urbano consolidado, aglomerados das várias freguesias, áreas de proteção e conservação de elevado valor ecológico e ao longo de infraestruturas de transporte tendo surgido em resposta às necessidades das populações urbanas que ocupam vastos territórios e refletindo estratégias e oportunidades surgidas nas últimas décadas do séc. XX e início do séc. XXI e que podem ser resumidas em:

- preservação/conservação de espaços a que geralmente se atribui valor cultural ou patrimonial.

- compras/posse de terrenos associados a grandes investimentos de obras públicas para reabilitação urbana ou ambiental (Programa Polis sendo exemplo a Requalificação e valorização da faixa ribeirinha do Douro em Gondomar e o Reordenamento da orla costeira e requalificação urbana em Matosinhos).

- compras/posse de terrenos associados a grandes investimentos de obras públicas para implantação de infraestruturas de transportes (metro do Porto; autoestradas).
- compras pontuais de terrenos, regra geral em locais pouco centrais e urbanizados, dado o baixo valor dos terrenos, geralmente por serem áreas classificadas de RAN ou REN;
- espaços sobrantes resultantes de cedências de ações de promoção de investimentos imobiliários ou de acordos de cedências entre proprietários de terrenos (urbanizações, loteamentos);
- espaços sobrantes resultantes de expropriações para construção de obras públicas, fazendo-se cedências ou protocolos com as entidades no sentido dos espaços serem convertidos em espaços verdes podendo vir a ser em alguns casos utilizados pelo público para lazer ou recreio.
- espaços resultantes do espaço urbano fragmentado que vai loteando as grandes quintas periféricas que têm boas acessibilidades às autoestradas. Este modelo está patente na toponímia das novas urbanizações (apelidadas de "Quintas", "Parques" ou "Jardins"). Em alguns dos municípios são acordados modelos de cedência/exploração em que a casa "mãe" e jardins/matias envolventes são preservadas ficando como elemento residual e de uso público;
- estradas de valor paisagístico que se encontram arborizadas e criam continuidades.

4.3.1 Movimentos pendulares em Matosinhos, Maia e Gondomar

Sendo várias as tipologias de ocupação urbana desenvolvidas nestes municípios, várias são as atividades e relações estabelecidas entre municípios da AMP. Naturalmente, existirá uma população associada a múltiplos circuitos geradores de deslocações na AMP. De acordo com Madureira (2008), o trabalho é uma das principais razões que leva os indivíduos a se deslocarem na AMP correspondendo a 25% do total das viagens seguindo-se o lazer, a escola e as compras.

Tendo por base o Censos de 2000 sobre mobilidade na AMP verificou-se que os residentes dos concelhos desta mesma área efetuavam em média 2,5 viagens por dia útil (INE, 2002). A cidade do Porto ainda era o “(...) *pólo potencial de mobilidades, apresentando cerca de 3,3 viagens por dia útil (...)*” (Teles, 2005: 106) o que se entende por aí se concentrarem serviços, comércio e indústria. Porém a população dos concelhos da Maia e de Matosinhos também se revela ser profundamente móvel e “(...) *realiza pelo menos uma deslocação num dia útil, a qual representa sempre mais de 2/3 da população residente*” (Teles, 2005: 108), sendo a população de Gondomar menos móvel.

Na relação entre setores de atividade e mobilidade das populações da AMP, e de acordo com os dados dos Censos de 2000 sobre a mobilidade citados por Teles (2005), verificou-se que os movimentos pendulares da população empregada são predominantemente afetos ao sector secundário e terciário e a estudantes com 15 ou mais anos.

Quadro 4.4 Deslocações pendulares na AMP em 2001

Em 2001 deslocações:	Nº de indivíduos	%
No interior da AMP	590 226	85,6
Intraconcelhias	394 283	57,2
Interconcelhias	195 943	28,4
Em 2001		
Entradas na AMP	62 389	9,0
Saídas na AMP	37 219	5,4

Fonte: INE 2003

De acordo com o Quadro 4.4, verifica-se que, na AMP, parte da população faz deslocações diárias sendo que 85,6% só o faz dentro da própria área metropolitana e metade se desloca dentro do próprio concelho em que vive para ir para o trabalho ou para a escola. De salientar que poucas são as pessoas que se deslocam diariamente para fora da AMP, correspondendo a cerca de 5%, sendo um valor pouco representativo das deslocações.

Os movimentos pendulares interconcelhios refletem um número significativo havendo mais de um quinto da população da AMP a circular diariamente entre diferentes concelhos.

Na AMP e no período compreendido entre 1991 e 2001, a circulação automóvel cresceu o dobro e o automóvel neste período foi o transporte dominante nas ligações interconcelhias enquanto as deslocações intraconcelhias eram realizadas a pé. Também se verificou que, em regra, apenas se utilizava um meio de transporte não havendo grande

expressão nos meios combinados de transporte, observando-se apenas a combinação “*a pé mais transporte público*” e que o tempo médio gasto nas viagens realizadas na AMP era de cerca de 22 minutos sendo as deslocações mais longas para o trabalho em transporte público de 30-40 minutos (Teles 2005: 124).

Considerando os dados fornecidos pela empresa Metro do Porto S.A., desde a abertura da primeira linha em 2003 (Quadro 4.5), verificou-se que o número de passageiros tem vindo progressivamente a aumentar até 2011. Verifica-se no entanto que o percurso médio feito por passageiro é um valor que se mantém ao longo dos anos, havendo apenas pequenas oscilações, tal como a velocidade comercial.

Os tempos de deslocação em transporte público têm grande peso na ponderação da escolha do meio de transporte a utilizar. De acordo com Lynch (2007: 185) “*O tempo de espera e de transbordo parece muito maior do que o tempo passado em movimento, de tal maneira que as pessoas preferem conduzir um automóvel, ainda que mais devagar, do que esperar por um autocarro rápido.*” Para Lynch tempos de deslocação de 20 minutos são considerados rápidos e podem justificar a preferência por um determinado tipo de transporte, enquanto tempos de 60 minutos são desencorajadores da utilização do transporte. Considerando-se que as velocidades médias de deslocação em espaço urbano para os indivíduos a pé são de 5-6 km/hora, metro ou autocarro de 20-25 km/hora e automóvel 50 km/hora (Lynch, 2007), combinada a velocidade comercial do metro do Porto de cerca de 25 km/h, com circulação a pé e tempos de espera e/ou transbordo em estação, obtém-se um tempo de deslocação de 20 minutos para um percurso médio por passageiro em metro de 5000 m, daí se explicar a constância desta distância ao longo dos anos de exploração do metro como se pode observar no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 Indicadores de procura e oferta do Metro do Porto e de Desempenho Operacional apresentados no Relatório de Contas do Metro 2011.⁷

Procura	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
valores em milhares									
Passageiros	5 960	9 843	18 481	38 637	48 167	51 481	52 600	53 547	55 737
Percurso médio (m)	4 443	4 725	5 193	5 240	5 106	5 038	4 964	4 987	5 216
Oferta									
valores em milhares									
Velocidade comercial km/h	-	-	-	26,70	26,43	25,67	25,48	25,98	25,93
Taxa de ocupação	9,1%	11,1%	13,1%	14,3%	16,3%	18,5%	18,7%	18,2%	18,9%

Fonte: http://www.metrodoporto.pt/PageGen.aspx?WMCM_PaginalId=16779¬icialId=23896&pastaNoticiasReqId=15502

⁷ Distância (metros) física entre as estações; Tempo Viagem médio mensal, por sentido, apurado pelo programa corrido sobre a base de dados dos registos de passagens de veículos nas estações (fornecida pelo operador), englobando os tempos de percurso entre pares consecutivos de estações assim como os tempos de paragem por estação, exceto os registados nas estações terminus. A velocidade comercial km/h é obtida pela comparação pelo quociente entre esses dois valores; A Taxa de Ocupação é o rácio entre Passageiros km e Lugares km oferecidos.

Não se tendo realizado Inquéritos “Á Mobilidade da População Residente” na AMP após a inauguração do metro do Porto (2003) apresentam-se dados relativos ao Censos de 2001 e 2011 sobre “Os meios de transporte mais utilizados nos movimentos pendulares (Nº) por local de residência e principal meio de Transporte” (Figura 4.8) (INE, 2001; 2013).

No início do séc. XXI, as deslocações entre o Porto e os aglomerados periféricos e entre os principais aglomerados periféricos são asseguradas pelo automóvel como meio de transporte mais utilizado, havendo um elevado número de infraestruturas rodoviárias de qualidade que asseguravam essas ligações. O automóvel ligeiro como meio de transporte que assegura as ligações pendulares tem grande peso nos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar tendo-se aumentado a sua utilização de 2001 para 2011. O transporte público rodoviário assegura as ligações pendulares entre aglomerados nos concelhos de Matosinhos e Maia sendo em Gondomar que é mais utilizado (Figura 4.8). No entanto de 2001 para 2011 verifica-se a redução na sua utilização em todos os concelhos. Em 2003 é inaugurado o metro do Porto em Matosinhos, onde é mais utilizado nos movimentos pendulares, mas em todos os concelhos o metro apresenta peso significativo como meio de transporte público nos movimentos pendulares quando comparado com a totalidade do transporte público rodoviário e comboio. Entre 2001 e 2011 verifica-se a redução da utilização do comboio e de os outros meios de transporte rodoviários e o aumento da utilização do automóvel e do metro, alterações que se poderão dever à pouca articulação entre diferentes tipos de transporte, qualidade dos acessos rodoviários, morfologia do território e tempos de deslocação.

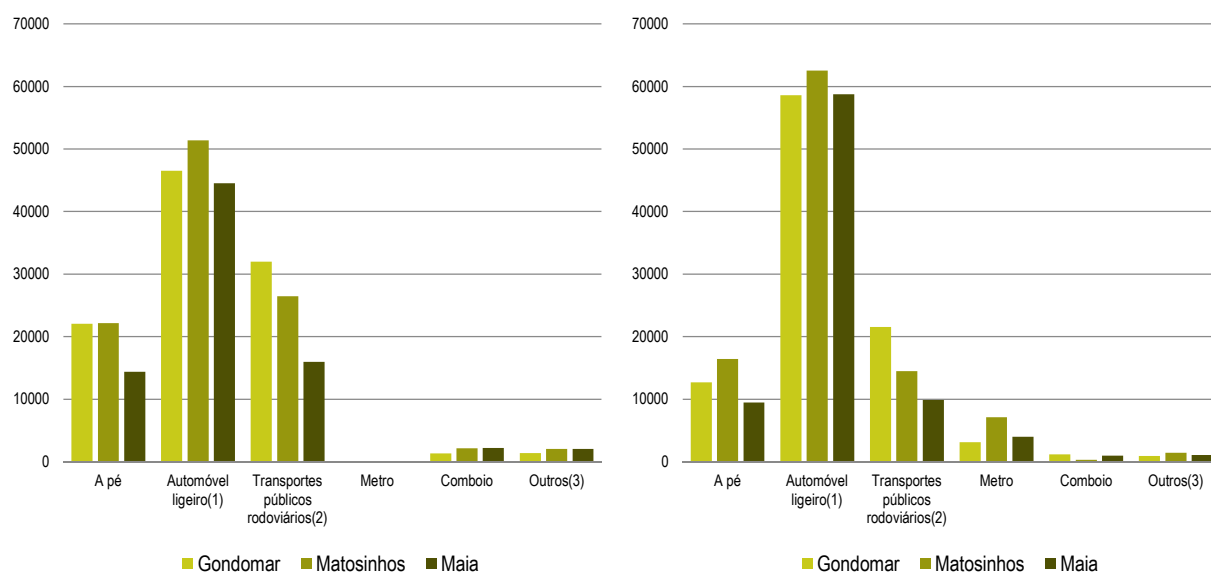


Figura 4.8 Meio de Transporte mais utilizado nos movimentos pendulares (Nº) por local de residência à data dos Censos de 2001 e 2011 para os concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar.

Fonte: INE (2001; 2013)

(1) inclui automóvel ligeiro com condutor e com passageiros; (2) inclui autocarro e transporte coletivo da empresa ou da escola;

(3) inclui motociclo, bicicleta, barco e outros

Verifica-se que nos três concelhos parte da população faz as suas deslocações diárias a pé ou de modo conjugado com os transportes públicos não devendo os percursos ultrapassar 30 minutos, pois para Peter Newman e Jeffrey Kenworthy (2006) os indivíduos não estão disponíveis para “andar a pé” durante mais de 10 minutos, para alcançar uma paragem/estação de transportes públicos, ou 30 minutos para chegar a outros serviços de que necessita. Finnis e Walton (2008) consideram que sempre que a deslocação para aceder a serviços ou atividades ultrapassa os 30 minutos, a população tende a recorrer ao automóvel sempre que lhe é possível.

No entanto, caminhar exige segurança, espaço, ausência de obstáculos, qualidade visual, experimentação, mas também que não sejam áreas e distâncias excessivas e sem ninguém. Espaços bons para caminhar exigem equilíbrios nos limites físicos, nas experiências visuais e vivências, na qualidade de materiais sendo que os equilíbrios desejados variam muito de pessoa para pessoa, entre grupos de pessoas e entre situações (Gehl, 2006).

O mesmo autor refere ainda que a distância aceitável para caminhar depende não só da distância física real como da distância experimentada (percebida), ou seja, percorrer uma mesma distância em linha reta é uma experimentação pouco interessante porque pode parecer um percurso mais longínquo do que fazer exatamente a mesma distância com um percurso segmentado onde vão surgindo diferentes tipos de experimentação. Ruas sinuosas e interrompidas por largos, cruzamentos, praças são mais adequadas para a circulação pedonal, pois provocam o efeito psicológico de fazer parecer as distâncias mais curtas dado o trajeto ficar subdividido em etapas, sendo cada uma facilmente realizável. Percursos sinuosos ou fragmentados passam a ser realizados por objetivos de etapas e não através de um grande percurso. A riqueza das experiências, o conforto físico e bioclimático, a ausência de conflito e a relação de escala são outros dos aspetos fundamentais para promover a circulação a pé. A seleção dos meios de transporte e dos percursos também depende da qualidade da paisagem. Citando Lynch (2007: 187) “*Os sinais e a criação de paisagem podem ser usados para tornar mais fácil a orientação, ou mesmo para melhorar a qualidade da experiência do movimento*”.

As distâncias percebidas são um fator que deve ser introduzido nas práticas de planeamento, no sentido de se localizarem equipamentos, paragens de autocarro, estações de metro a distâncias físicas e percebidas que sejam aceitáveis pelos indivíduos. Deve-se também ter em consideração a percepção que os indivíduos têm sobre as distâncias físicas e sobre os tempos de deslocação necessários e que raramente correspondem à distância real, variando de indivíduo para indivíduo. Esta variação resulta da interferência de múltiplos

fatores intrínsecos ao próprio indivíduo, como o meio de transporte que utiliza habitualmente, ou extrínsecos, como o ambiente construído e natural ou ainda da relação entre ambos (Ribeiro, 2012).

A distância experimentada/percebida é relevante na AMP porque de acordo com o Inquérito à Mobilidade realizado em 2000, na AMP 25% da população anda a pé e outra parte significativa (17%) anda de transporte público rodoviário. Refletindo sobre os dados dos Censos de 2001 e 2011 obtidos nos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar verifica-se que o número de movimentos pendulares realizados a pé ou por transportes públicos tem vindo a diminuir. Também se verifica que os vários meios de transporte são utilizados nos movimentos pendulares eventualmente combinando-se soluções de transporte público com andar a pé e com automóvel ligeiro (Figura 4.8) (INE, 2001; 2002; Teles, 2005; INE 2011^a).

Não havendo dados censitários sobre a mobilidade na AMP que reflitam os efeitos nas deslocações após a implantação do metro na AMP sabe-se pela Avaliação do Impacto Global da Primeira Fase do Metro do Porto (Pinho *et al.*, 2008) que 65,4% dos clientes do Metro foram conquistados a outros transportes públicos e 23,6% provém do transporte individual, tendo sido estimado que cerca de 11000 veículos automóveis deixaram de circular diariamente na AMP em consequência do aparecimento do metro. Segundo a empresa Metro do Porto S.A. (2011), os hábitos de mobilidade na AMP alteraram-se substancialmente desde a entrada em operação do metro do Porto. A comprová-lo apresentam-se dados resultantes de inquéritos realizados aos utentes verificando-se que perto de metade (46%) dos utentes do metro possuem automóvel próprio e um terço do total (34%) integram agregados familiares onde existe mais do que um automóvel (Metro do Porto, 2011). Estes utilizadores do metro do Porto fazem parte dos que combinam transporte público com andar a pé.

No que diz respeito ao perfil dos utilizadores do metro sabe-se, em resultado do estudo de Perfil e Satisfação do Utilizador do Metro do Porto realizado em 2012 pela Domp SA, (empresa de estudos de mercado) encomendado pelas empresas ViaPorto e Metro do Porto S.A., que são as mulheres as que mais utilizam o metro, cerca do dobro do que utilizam os homens. Também se sabe que a maioria dos utilizadores são adultos, em idade ativa, desenvolvendo uma atividade profissional ou são estudantes, pois encontram-se nas faixas etárias compreendidas entre os 15 e os 64 anos (Quadro 4.6) (Metro do Porto, 2011; 2013). Resultados semelhantes já tinham sido apresentados noutro estudo realizado em Novembro de 2010 que revelou que as mulheres eram as utentes preferenciais (62,7%),

sendo pertencentes à classe média, com menos de 35 anos, e com habilitações médias ou superiores.

Os homens apenas são maioritários na Linha que serve o Aeroporto (Violeta – E), na qual correspondem a mais de metade dos utilizadores (55,6%) (Metro do Porto, 2011). De assinalar ainda que são os segmentos mais jovens os que mais usam o Metro. Mais de metade dos clientes (52,7%) tem entre 15 e 34 anos. Estes valores explicam a significativa quantidade de estudantes que utilizam o serviço do Metro do Porto, representando já 30,4% do total de clientes (Metro do Porto, 2011).

Quadro 4.6 Perfil do Utilizador do Metro por género e idade em 2010. Valores obtidos nos estudos da Domp, S.A. 2010

Metro do Porto 2010	Género		Classe etária		
	H	M	Jovens 15 - 24	Adultos 25 - 64	Séniore + de 65
	37,3%	62,7%	35,3%	59,2%	5,5%

Fonte: Metro do Porto, 2011

Em termos de nível de instrução, 22,5% da amostra global tem habilitação média/superior e 44,2% tem instrução ao nível do ensino secundário. A Linha Violeta (Estádio do Dragão-Aeroporto) é aquela que apresenta clientes com habilitações mais elevadas (27,8% ao nível médio/superior), seguida da Linha Amarela (Hospital de S. João a Stº Ovídeo) com 26,3% no mesmo indicador. Os dados relativos à instrução refletem-se também na aferição da classe social dos clientes. Praticamente um terço (30%) pertence às classes alta e média alta, 36,7% integra a classe média, 23,2% a classe média/baixa e apenas 10,1% são oriundos da classe mais baixa (Metro do Porto, 2011). Um inquérito mais recente realizado em abril de 2012 e que abrangeu 821 participantes confirma a preferência das faixas etárias mais jovens pela utilização do Metro (idades compreendidas entre os 15 e os 34 anos - 59,2%) tal como se mantém o nível de habilitações literárias dos utentes (45,9% dos utentes têm escolaridade até ao secundário ou com um curso médio/superior 22,4%) (Agência Lusa, 2012).

No que diz respeito à área de residência (Quadro 4.7), a maioria dos clientes do metro do Porto reside nos concelhos abrangidos pela rede de metro o que é indicador não só da adesão dos indivíduos a este meio de transporte como também da sua carência. No Porto (cidade/concelho) reside a maioria dos clientes (27,1%) sendo seguido pelos concelhos de Vila Nova de Gaia (20,9%), Matosinhos (14,2%), Maia (10,1%), Gondomar (9,6%), Vila do Conde (4,8%) e Póvoa do Varzim (1,9%). Todavia, a percentagem de clientes de localidades não servidas pelo Metro tem alguma expressão (11,3% do total), com

destaque para os moradores de Valongo (1,6%) e Espinho (1,0%) (Metro do Porto, 2013). Em relação aos dados percentuais de utilizadores indicados pelo estudo de 2010 e 2012 verifica-se haver pequenas flutuações percentuais entre os Municípios da percentagem de residentes de Utilizadores do Metro não sendo significativas.

Quadro 4.7 Percentagem de utentes nos concelhos abrangidos pela rede de Metro do Porto em 2010 e 2012

Ano	Porto	Vila Nova de Gaia	Matosinhos	Maia	Gondomar	Vila do Conde	Póvoa de Varzim	Outras localidades
2010	29,4%	19,5%	16,9%	7,8%	6,8%	4,6	2,8%	12,3
2012	27,1%	20,9%	14,2%	10,1%	9,6%	4,8%	1,9%	11,3%

Fonte. Metro do Porto, 2011; 2013

Tendo-se apresentado um conjunto de dados que caracteriza o tipo de utilizadores do metro do Porto torna-se necessário refletir sobre o modo como se deslocam os indivíduos no espaço público. Sendo o cliente preferencial do metro as mulheres a primeira questão que se coloca é em que medida o fator género pode influenciar o modo com se efetua a deslocação.

Para Teles (2005), as deslocações das mulheres devem-se essencialmente a movimentos casa-trabalho-escola verificando-se um aumento substancial dos movimentos pendulares a partir da década de 90, havendo em média um aumento de 30% em todos os concelhos da AMP (com exceção do Porto e Espinho), sendo os maiores acréscimos dos movimentos pendulares verificados nos concelhos que se encontram imediatamente adjacentes a norte e a sul do concelho do Porto e, em particular, no concelho de Matosinhos. Este aumento deveu-se à terciarização das atividades e, por vezes a um terciário superior bastante qualificado, tendo o aumento da qualificação das mulheres e o facto das classes mais jovens e qualificadas residirem na periferia do Porto contribuído para o aumento dos movimentos pendulares.

As compras são também geradoras de deslocações sendo cerca do dobro das que são geradas pelos homens. Nas deslocações as mulheres geralmente demoram mais tempo a realizar os percursos do que os homens por diferentes razões, podendo-se indicar como principais: períodos de gravidez, acompanham crianças ou idosos, carregam sacos com compras diárias e usam calçado pouco confortável (Figura 4.9). Estas diferenças que as mulheres apresentam no modo como se deslocam devem implicar um desenho urbano que considere boas acessibilidades e um conjunto de outras variáveis das quais se destacaria: segurança, conforto, diversidade de experiências e percurso por etapas (Teles, 2005). A

menor velocidade de deslocação das mulheres em relação aos homens verifica-se em todas as idades (Ribeiro, 2012).



Figura 4.9 Espaços associados ao metro do Porto que permitem a deslocação de indivíduos e veículos em condição de conforto, segurança e diversidade de experiências.
Fonte: Autor

Dado o envelhecimento que a população europeia e portuguesa apresenta torna-se obrigatório estudar a deslocação associada à idade. Para as pessoas idosas as distâncias realizadas tendem a ser cada vez mais curtas em contraste com a frequência de deslocação que tende a ser cada vez maior dada a diversidade de destinos (compras, lazer, saúde, trabalho, escola). Os estilos e ritmos de vida e os serviços de saúde atuais, permitem prolongar a este grupo etário os seus estilos de vida ou criar outros com qualidade, e até desenvolver atividades profissionais, sociais e culturais. Em 2050 prevê-se que cerca de 22% população mundial terá idades iguais ou superiores a 65 anos podendo ser consideradas idosas⁸ sendo que, em Portugal, se estima que a percentagem seja de cerca de 32% ocorrendo, paralelamente, a inversão da pirâmide etária havendo tendência para que a população com idade entre os 25 e os 64 anos também diminua (Quadro 4.8) (DESA, 2009).

Quadro 4.8 Previsão do crescimento da população idosa em Portugal e região Norte

	2001	2030	2050
Região Norte	14%	24,3%	32,8%
Portugal	16,4%	24,2%	31,8%

Fonte: INE, 2004

O grupo das pessoas idosas é bastante heterogéneo no que diz respeito às necessidades e preferências do modo de deslocação. De acordo com o inquérito à mobilidade de 2000 (INE, 2002) os idosos representavam 8% das deslocações totais, sendo que, em média, na AMP realizam 1,7 deslocações por dia em contraste com as 2,8

⁸ De acordo com a Organização Mundial de Saúde nos países desenvolvidos pode ser considerada pessoa idosa aquela que apresenta uma idade superior a 65 anos (World Health Organization, s.d.).

deslocações médias realizadas pela população total residente nessa mesma área (Teles, 2005). Também de acordo com a mesma autora, os idosos que se deslocam realizam pelo menos uma deslocação por dia útil, representando 55% do total do grupo das pessoas idosas sendo um valor considerável. As maiores percentagens de idosos que se deslocam observam-se nos concelhos de Matosinhos, Maia e Vila Nova de Gaia e correspondem aos que dispõem de níveis económicos mais elevados. Do total de deslocações realizadas por este grupo de pessoas 40% são feitas a pé, seguindo-se o transporte público e o automóvel, ambas com 28%. As razões que levam os idosos a deslocar-se são várias encontrando-se indicadas na Figura 4.10.

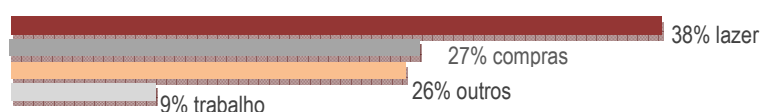


Figura 4.10 Principais motivos das deslocações da população idosa. Adaptado de Teles, 2005

Tendo o idoso tendência a circular a pé, geralmente reduz a velocidade de deslocação e as distâncias percorridas, mas aumenta a frequência (necessidade de sociabilização, menor capacidade de carregar pesos, relação com exercício físico, apanhar sol) sentindo cada vez maior necessidade de segurança e conforto ao longo do percurso e dos 12 meses do ano, à medida que aumenta a idade. O idoso, tendo mais tempo disponível, tem maior disponibilidade para sentir/ver/interpretar o espaço que está a percorrer até porque, de acordo com os inquéritos à mobilidade realizados em 2000, a maior percentagem de deslocações (38%) prende-se com lazer sendo importante a componente associada aos espaços verdes (Teles, 2005; Gehl, 2006). Segue-se como motivos de deslocação compras (27%) e outros motivos (26%), onde se incluem as deslocações por motivos de saúde e levar os netos à escola pelo que as questões relacionadas com a saúde, segurança e conforto associadas a caminhadas, apanhar sol e ar e passeios em jardins são valorizados.

Por fim, torna-se necessário ponderar os fatores relacionados com os cidadãos que apresentam mobilidade reduzida pois é um direito de cidadania, o direito à mobilidade independentemente das formas territoriais e das capacidades dos cidadãos, quer ela seja permanente ou temporária. Os indivíduos com cadeiras de rodas constituem já um número significativo na sociedade antevendo-se o seu acréscimo dado o aumento do número de idosos, elevadas taxas de sinistralidade rodoviária e acidentes de trabalho (Teles, 2005). O deficiente desloca-se a reduzidas velocidades e pequenas distâncias recorrendo pouco a transportes públicos, pelo que grandes são as necessidades de conforto e segurança, tal como haverá maior disponibilidade para sentir/ver/interpretar o espaço que está a percorrer.

Parte das deslocações prendem-se com o lazer sendo relevante a presença de espaços verdes ao longo do percurso tal como sucede com os idosos (Teles, 2005). O grande problema que se coloca aos deficientes (essencialmente motores e visuais) prende-se com o elevado número de barreiras arquitetónicas e urbanísticas podendo as árvores ser apontadas como uma delas, porque interrompem percursos tornando-os segmentados.

Influenciam ainda a velocidade de deslocação dos indivíduos a tipologia e a demografia do espaço. Nos espaços urbanos consolidados e densificados os indivíduos têm tendência a deslocar-se em velocidades superiores aos que habitam espaços urbanos fragmentados menos densificados (Ribeiro, 2012).

Cada indivíduo diariamente seleciona o modo como quer circular e tipo de transporte que quer utilizar atendendo aos acessos, segurança, custos e tempo gasto na deslocação. Tão importante quanto a qualidade e quantidade é também a diversidade dos meios de mobilidade e a consciência ambiental do consumidor que sabe que ao optar por um determinado meio de transporte é mais sustentável do que por outro (melhoria do microclima urbano, maior libertação de O₂). Estes aspetos já começam a fazer parte da consciência do indivíduo e encontram-se refletidos no Estudo de Perfil e Satisfação do Utilizador do metro do Porto realizado pela Domp. S. A. (Metro do Porto, 2011) em 2010, em que cerca de 97,0% dos utilizadores do metro do Porto afirmavam que o metro é bom para o ambiente e 98,2% afirmavam que o metro é benéfico para a sociedade. Verifica-se que a consciência ambiental e imagem social do metro do Porto são aspetos aos quais o utilizador dá grande importância (Metro do Porto, 2013). O nível de escolaridade, faixas etárias e classes sociais dos utilizadores do metro do Porto permitem que haja receptividade e entendimento das ações ambientais e culturais realizadas pelo metro do Porto.

Em relação aos dados recentemente obtidos tendo por base estudos realizados por encomenda da empresa Metro do Porto S.A. sobre “Satisfação do Utilizador do metro do Porto” (Metro do Porto, 2013) evidenciam-se os valores elevados relativos à satisfação tendo-se obtido um índice de satisfação ponderado de 82,2 pontos - o mais elevado de sempre (Metro do Porto, 2013).

No Quadro 4.9 apresenta-se a relação dos parâmetros que habitualmente são avaliados face à mobilidade individual/coletiva e que podem ser enumerados:

Quadro 4.9 Síntese dos parâmetros de seleção para mobilidade individual /coletiva em espaço público

A nível Individual	A nível coletivo
Esforço financeiro	Menores tempos de deslocação
Comodidade/Conforto	Recursos financeiros
Segurança pessoal	Recursos humanos
Problema dos congestionamentos	Relações intermodais/Cobertura de rede
Horários/Pontualidade/Frequência	Qualidade do serviço/Conforto
Tempos de deslocação abaixo de 20 minutos – rapidez	Qualidade das instalações
Tempos acima de 60 minutos são negativos – lento	Limpeza/Qualidade da Manutenção
Acessibilidade	Ecologia/Benefício para a sociedade
Simpatia disponibilidade de funcionários	Qualidade do espaço urbano
Estacionamento	
Desenho/Beleza	
Qualidade da paisagem	

Fonte: adaptado de Lynch, 2007

O modo como os indivíduos se deslocam terá de ser pensado e estruturado para toda a sociedade e não para o Homem comum ou Homem médio pois, quando se pensa para o Homem médio está-se a pensar para uma fração reduzida da sociedade estando-se a excluir todos os que fogem ao padrão, e esquecemo-nos que o padrão varia com as aptidões funcionais, com a idade e com o sexo (Simões, 2002). As crianças, as grávidas, mães com carrinhos de bebé, pessoas que acompanham crianças, idosos, deficientes de cadeiras de rodas, invisuais e pessoas temporariamente incapacitadas representam segundo Teles (2005) 60 % da população total que se move na AMP. O desenho do espaço urbano, e em especial do espaço público, requer grande atenção pois o espaço e tempo de deslocação tem de responder às necessidades de todos os indivíduos e do modo multifacetado, seguro e confortável para que se possa escolher o melhor percurso de acordo com as atividades a realizar em cada dia.

4.4 O METRO: INFRAESTRUTURA GERADORA DE ESPAÇO PÚBLICO E DE CORREDORES VERDES

Sendo o metro do Porto essencialmente de superfície, grande é a relação que a infraestrutura linear de transporte e seus utentes têm com a paisagem, sendo necessário entender os princípios de desenho definidos pela empresa Metro do Porto S.A. para a requalificação do espaço urbano e da paisagem e melhoria das condições de mobilidade dos indivíduos.

Interessa também saber se nos Projetos de Inserção Urbana e nos Projetos de Integração Paisagística das linhas do metro foram contemplados princípios de continuidade, linearidade, conectividade e multifuncionalidade nos espaços verdes que acompanham a infraestrutura de mobilidade. Nesse sentido faz-se a apresentação dos principais pressupostos e princípios de desenho que estiveram subjacentes aos Projetos de Inserção Urbana definidos pelas equipas de projeto coordenadas pelos arquitetos Alcino Soutinho e José Bernardo Távora para o concelho de Matosinhos e José Bernardo Távora para os concelhos da Maia e Gondomar e aos Projetos de Integração Paisagística coordenados pela autora da presente dissertação para os três concelhos.

4.4.1 Os Projetos de Inserção Urbana do Metro em Matosinhos, Maia e Gondomar

O processo de construção do metro do Porto, conforme referido, começou com o lançamento do "Concurso Público Internacional de Pré-Qualificação para a concepção, construção, equipamento e operação do SMLAMP" em 1994. O concurso englobava a concepção, construção e equipamento das primeiras três linhas do metro ligeiro (Pinho *et al.*, 2008). Em 1998 foi assinado o contrato com o consórcio selecionado, a Normetro, passando-se a desenvolver os designados Projetos de Inserção Urbana. Na verdade, tratavam-se de projetos de requalificação urbana no conceito que lhe é dado por Peixoto (2009: 46) como sendo uma prática de planificação urbanística que pretende (re)introduzir "*qualidades urbanas de acessibilidade ou centralidade a uma determinada área*".

Ao longo do processo grande ênfase foi dado ao metro enquanto fator de requalificação urbana dos concelhos Matosinhos, Maia e Gondomar contribuindo para a qualidade ao espaço público. Citando José Bernardo Távora (2006: 157) sobre os objetivos do projeto: *“(...) tratando-se de analisar a pré-existência em termos de edifícios e espaços, propor um arranjo que, valorizando ou tentando corrigir situações já criadas, pudesse exprimir a presença e identidade de novos lugares, quer no sentido físico e estético, quer no sentido social, que a iniciativa da implantação do Metropolitano e das suas Estações podiam e deviam provocar”*.

José Bernardo Távora, ainda sobre esta dimensão do projeto do metro do Porto enfatiza: *“A linha desenvolve-se através de um conjunto de espaços de carácter diversificado, numa composição que se propõe não ignorar, antes reforçar, o carácter de ruas, avenidas e espaços públicos, na sua longa e um pouco anónima extensão, não ignorando quer alguns edifícios dominantes na área pela sua massa ou pela discutível qualidade, quer a necessidade de completar com vegetação, comércio, espaços públicos e estacionamento, as novas áreas a criar, com elementos da sua significativa presença”* (Távora, 2006: 157).

O Projeto de Inserção Urbana intervinha para além do “corredor” dado pela linha do metro, integrando-o num processo de desenho urbano de todo o espaço público, tendo por pressuposto um elevado nível de qualidade arquitetónica e de integração paisagística: *“Naturalmente que a qualidade de qualquer nova proposta para as áreas em questão englobava, entre outras, condições de carácter técnico/económico e condições de carácter estético/ambiental, sempre fortemente presentes em iniciativas desta natureza, de onde a exigência de uma síntese nem sempre fácil, mas sempre indispensável, entre factores de diversa e por vezes adversa condição. Tratou-se, em verdade, de afectar com uma intervenção de grandes dimensões um largo espaço cuja alteração era desejada na procura das suas reconhecidas qualidades funcionais e ambientais. E acreditar que com esta intervenção de requalificação urbana, se conseguiu uma nova imagem da Cidade, de continuidades, com carácter e identidade próprias”* (Távora⁹, 2006: 158).

⁹ São apresentadas extensas e várias citações do arquiteto José Bernardo Távora o que se deve ao facto de ser o arquiteto responsável por grande número de projetos de troços e estações das linhas de metro implantados nos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar, considerando-se relevante ter a perceção dos princípios e preocupações subjacentes ao desenvolvimento dos projetos de inserção urbana.

Portanto define-se que os Projetos de Inserção Urbana do metro têm por área de intervenção todo o espaço compreendido entre “*fachada a fachada*” e entre “*terra ao céu*”, ou seja, toda a área pública por onde circulasse o metro considerando-se a situação existente e projetada, entendendo-se a importância do desenho a aplicar a todo o espaço como sendo um elemento promotor da qualidade estética, ecológica e funcional. “*Trabalhamos do eixo para os lados (o canal do Metro é sempre inflexível) e o que sobra é distribuído para outros veículos, estacionamento quando cabe e passeios até chegar às soleiras*” e depois de aprovado o projeto do Metro “*(...) começam a surgir ruas que se cruzam e se dilatam fazendo largos, rotundas, praças, recantos que sobram, praças, largos com árvores, parques de estacionamento à ilharga e, porque não, “Boulevards (...)”*” (Souto Moura, 2006: 15-16).

Integrada na abordagem multidisciplinar, a componente ambiental foi introduzida desde cedo nos Projetos de Inserção Urbana do metro de Matosinhos, Maia e Gondomar sob várias perspetivas, das quais se destaca: a) assegurar a continuidade física e funcional de corredores verdes em diferentes tipologias de acordo com as características biofísicas do local e condicionantes; b) assegurar ou introduzir identidades próprias aos lugares, assegurar a proteção das áreas ou sistemas com elevada sensibilidade ecológica (áreas de REN, RAN, Domínio Público Hídrico, conjuntos de vegetação legalmente protegida); e c) atender a aspetos de amenização microclimática, constituição de cortinas visuais e espaços de sequestro de carbono.

4.4.2. Os Projetos de Integração Paisagística do Metro em Matosinhos, Maia e Gondomar

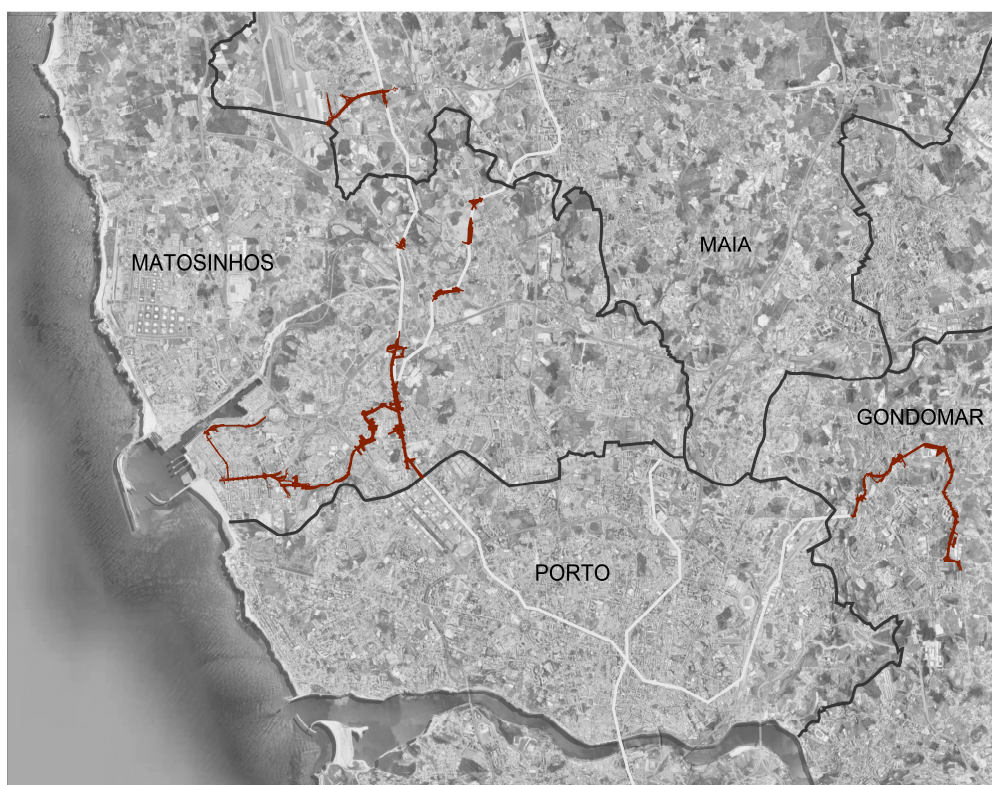


Figura 4.11 Linhas e Estações do metro em estudo (vermelho) nos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar. Limites administrativos dos concelhos (preto).

Correspondendo os Projetos de Inserção Urbana à fase de estudo e conceção geral onde se definem as grandes linhas de ação para o espaço, seguiu-se a realização dos Projetos de Integração Paisagística desenvolvidos para as linhas de metro de Matosinhos, Maia e Gondomar que se apresentam agrupados por concelho para melhor perceção das propostas e soluções técnicas e que estão indicados na Figura 4.11. Os Projetos de Integração Paisagística das linhas e estações que se apresentam foram coordenados pela autora da presente dissertação na qualidade de arquiteta paisagista durante o período de 2001 a 2007.

4.4.2.1 Projetos de Integração Paisagística do Metro em Matosinhos



Figura 4.12 Linha de metro de Matosinhos (marcada a vermelho) em espaço urbano consolidado e fragmentado

Entre 2000 e 2005 foram realizados vários Projetos de Integração Paisagística que ora correspondiam a troços e estações em áreas urbanas consolidadas ora a troços e estações em áreas urbanas dispersas ou fragmentadas conforme indicado na Figura 4.12.

Os Projetos de Integração Paisagística da linha de metro de Matosinhos tinham por objetivos gerais:

“a) criar situações de integração paisagística no contexto em que está inserido, promovendo a requalificação urbana;

b) criar espaços verdes - espaços canal que assegurem uma rede contínua de peões e da fauna ao longo do município promovendo a consolidação da Estrutura Ecológica da Área Metropolitana do Porto (zonas urbanas - rurais/florestais);

c) promover a ligação entre as populações e os espaços verdes, criando situações diferenciadas ao longo dos diferentes Troços do Metro onde se pode sentir:

i - alternância de estações ao longo do ano (cores, florações, texturas, volumes);

ii – diferenciar situações de contexto urbano - árvores em caldeira, canteiros, vegetação ornamental;

iii - situações de mata, mais naturalizadas e com vegetação pertencente á associação florística local.” (Costa, 2005^a: 2)

Foram definidas propostas e condicionantes no início dos projetos que determinaram algumas das soluções gerais de projeto, nomeadamente no que diz respeito à proteção e conservação dos fatores edáfico e hídrico e de proteção conservação da vegetação arbórea existente.

A definição de soluções que protegessem os recursos naturais e integrassem a vegetação instalada foi condicionadora de usos e de formas a dar ao espaço, nomeadamente na implantação de arruamentos, estacionamento e espaços verdes. Questões de ordem estética, nomeadamente dinâmicas sazonais, diversidade de cores, texturas, volumes, forma natural da copa, tamanho da árvore, densidade da folhagem, adaptação ao espaço urbano, foram consideradas na seleção do material vegetal. Do ponto de vista funcional os projetos contemplaram preocupações relacionadas com a mobilidade do cidadão, espaço edificado, vias existentes e relação de continuidade com os espaços verdes existentes. Também foram ponderados custos de instalação e exequibilidade técnica da obra e custos de manutenção (Aparte, 2001^a; 2001^b; 2001^c; 2001^d; Costa, 2004^b; 2005^a).

Nas memórias descritivas dos projetos encontravam-se mencionadas especificidades relacionadas com a arborização do “corredor” do metro chamando-se à atenção para a “(...) arborização a colocar ao longo da linha do Metro pois ter-se-á que atender ao facto de que as copas destas árvores terão que ficar a uma cota mais elevada do que a das catenárias. Por esta razão é fundamental que todas as árvores apresentem flecha e que as podas se façam no sentido de estimular o crescimento em altura e não em largura, nunca se devendo praticar podas nos ramos apicais. Se este aspeto não for atendido o resultado é extremamente negativo quer para o funcionamento do Metro quer para o desenvolvimento correto das árvores. A única exceção é aplicada nas árvores de porte esguio onde devem ser mantidos todos os ramos e folhagem desde o colo para que as árvores ofereçam uma bela silhueta de coluna ao longo dos diversos troços” (Costa, 2005^c: 3). Apresenta-se a síntese dos elementos relativos ao Projeto de Integração Paisagística da linha do metro de Matosinhos no Quadro 4.10.

Quadro 4.10 Síntese dos aspetos considerados nos projetos de Integração Paisagística realizados no concelho de Matosinhos no âmbito da intervenção da Metro do Porto S.A.

Designação na dissertação	Designação do Projeto	Data do projeto de Integração Paisagística	Características de solo	Características climáticas e Qualidade do ar	Principais objetivos subjacentes às intervenções
Mat 1	Linha C - Troço T6 Sectores Cruz de Pau – Srº de Matosinhos (Matosinhos Sul)	Abr. 02	- Solos em espaço urbano profundamente alterados; - Solos pobres e contaminados; - Grande número de infraestruturas no subsolo; - Caldeiras de pequena dimensão.	- Influência do ar do mar; - Ventos fortes e permanentes ao longo do ano; - Proximidade da refinaria; - Tráfego intenso.	- atender ao planeamento e regulamento em vigor: planos pormenor; PDM; - Implantação de espaços públicos arborizados no espaço urbano que ofereçam legibilidade e experiências visuais e vivenciais; - relacionar os espaços verdes propostos com os espaços verdes existentes (conectividade) e instalação da Estrutura Ecológica Urbana;
Mat 2	Linha C - Troço T6 Sectores B, C, D e E,F,G,H Rua da Lagoa, Av. Calouste Gulbenkian, Av. Vasco da Gama, Cruz de Pau e Barranha	Out. 01 Nov. 01 Dez. 01	Idem projeto anterior	- Ventos fortes; - Proximidade da refinaria; - Tráfego intenso; - Ensombramentos pelo edificado.	- assegurar continuidades de arborização ao longo da linha; - compatibilização entre as infraestruturas urbanas e as zonas verdes: negociação com especialidades e entidades;
Mat 2	Troço T5 – T7 Sectores A, B, C e Av. Fabril do Norte – Matosinhos	Jul. 02	Idem projeto anterior	- Ventos fortes; - Proximidade da refinaria; - Tráfego intenso.	- estabelecer espaços públicos arborizados multifuncionais (ecologia, recreio, lazer);
Mat 3	Troço T7 – Estação de Custóias - Matosinhos	Mar. 04	- Solos alterados e pouco profundos; - Afloramentos rochosos; - Plantações em taludes (aterros) e em trincheira ao longo da linha; - Plantações em cobertura ajardinada.	- Árvores em arruamentos com sentido Norte-Sul protegidas do vento; - Boa insolação em todo o sector; - Ventos; - Tráfego intenso.	- suportar grande quantidade de pessoas por dia nas áreas das estações e interfaces; - capacidade de carga dos espaços arborizados; - criar condições de conforto bioclimático;
Mat 3	Troço T7 – Rua da Lagoa - Custóias	Mar. 05	- Solos alterados; - Grande número de infraestruturas ao nível do subsolo; - Plantações em taludes (aterros) e em trincheira ao longo da linha; - Caldeiras de pequena dimensão.	- Árvores plantadas em arruamentos com sentido Norte-Sul protegidas do vento; - Boa insolação em todo o sector.	- estabelecer princípios de composição mata/orla sempre que o espaço o permita; - estabelecer princípios de organização e composição que ofereçam segurança; - adaptação da vegetação aos solos e clima; - resistência da vegetação à poluição;
Mat 4	Troço T7 – Estação de Esposade - Matosinhos	Jan. 04	- Solos quase esqueléticos e afloramentos rochosos; - Taludes de aterro com grandes inclinações e em grande extensão; - Plantações em caldeiras com pouco solo; - Caldeiras de pequena dimensão.	- Árvores plantadas em zona sujeita a geadas; - Zona sujeita a temperaturas elevadas durante o Verão; - Ventos.	- arborização capaz de obter valor ornamental num curto prazo; - utilização de tipologias de vegetação com folhagens distintas e vibrantes;

Quadro 4.10 Síntese dos aspetos considerados nos projetos de Integração Paisagística realizados no concelho de Matosinhos no âmbito da intervenção da Metro do Porto S.A. (Continuação)

Designação na dissertação	Designação do Projeto	Data do projeto de Integração Paisagística	Características de solo	Características climáticas e Qualidade do ar	Principais objetivos subjacentes às intervenções
	<i>Acer pseudoplatanus</i> ; <i>Cupressus sempervirens sempervirens</i> ; <i>Fraxinus angustifolia</i> ; <i>Populus nigra</i> "Itálica"; <i>Pinus pinea</i> ; <i>Prunus avium</i> "Plena"; <i>Quercus robur</i> ; <i>Sorbus aucuparia</i> .				<ul style="list-style-type: none">- plantas exóticas para singularidades em espaços urbanos;- plantas autóctones em espaços urbanos não consolidados;
Mat 5	Troço T 8 – Estação de Araújo - Matosinhos	Mar.05	<ul style="list-style-type: none">- Solos pobres;- Taludes de aterro com grandes inclinações e em grande extensão;- Plantações em caldeiras com pouco solo;	<ul style="list-style-type: none">- Árvores plantadas em zona sujeita a geadas;- Zona sujeita a temperaturas elevadas durante o Verão;- Ventos.	
	<i>Camellia japonica</i> ; <i>Cupressus sempervirens sempervirens</i> ; <i>Laurus nobilis</i> ; <i>Magnolia x soulangeana</i> "Alba Superba"; <i>Olea europea</i> "Europeia"; <i>Pinus pinea</i> ; <i>Populus nigra</i> "Itálica"; <i>Quercus robur</i> ; <i>Quercus suber</i> ; <i>Sorbus aucuparia</i> ; <i>Tilia cordata</i> .				
	Troço T 8 – Estação Cândido dos Reis Matosinhos	Mar. 05		Obra que não foi realizada pelo que não foi considerada no presente estudo	
Mat 5	Troço T 7 – Estação de Custió - Matosinhos	Mar. 05	<ul style="list-style-type: none">- Taludes com grandes inclinações e em grande extensão;- Plantações em caldeiras de pequena dimensão;	<ul style="list-style-type: none">- Árvores plantadas em zona com boa exposição solar;- Zona sujeita a temperaturas elevadas durante o Verão;- Tráfego intenso	
	<i>Acer rubrum</i> "Columnare"; <i>Betula celtiberica</i> ; <i>Cupressus sempervirens sempervirens</i> ; <i>Laurus nobilis</i> ; <i>Magnolia x soulangeana</i> "Alba Superba"; <i>Pinus pinea</i> .				
Mat 5	Troço T 8 – Estação Pias Matosinhos	Mar-05	<ul style="list-style-type: none">- Taludes de aterro com grandes inclinações e em grande extensão;- Plantações em caldeiras e em espaços verdes;	<ul style="list-style-type: none">- Árvores plantadas em zona sujeita a geadas;- Zona sujeita a temperaturas elevadas durante o Verão.	
	<i>Acer rubrum</i> "Columnare"; <i>Cupressus sempervirens sempervirens</i> ; <i>Liquidambar styraciflua</i> ; <i>Laurus nobilis</i> ; <i>Pinus pinea</i> ; <i>Populus nigra</i> "Itálica"; <i>Quercus robur</i> ; <i>Sorbus aucuparia</i> .				

Fonte: Aparte 2001^a; 2001^b; 2001^c; 2001^d; Costa, 2004^b; 2005^a; 2005^b; 2005^c; 2005^d

4.4.2.2 Projetos de Integração Paisagística do Metro na Maia

O Sector D - Troço T10 – Maia corresponde ao troço do metro que faz a ligação da Linha vermelha (Póvoa de Varzim - Estádio do Dragão) ao Aeroporto Francisco Sá Carneiro a partir da Estação dos Verdes ao longo da EN-107. O Projeto foi executado em 2004 e corresponde a um troço de extensão reduzida (Figura 4.13) mas que se considera representativo por apresentar um elevado número e diversidade de árvores, apresentar continuidade de espaços arborizados, se inserir num espaço urbano fragmentado de grande complexidade pela diversidade de usos e fazer a ligação ao aeroporto Francisco Sá Carneiro. O projeto foi realizado durante o ano de 2004 tendo englobado estações e vias.

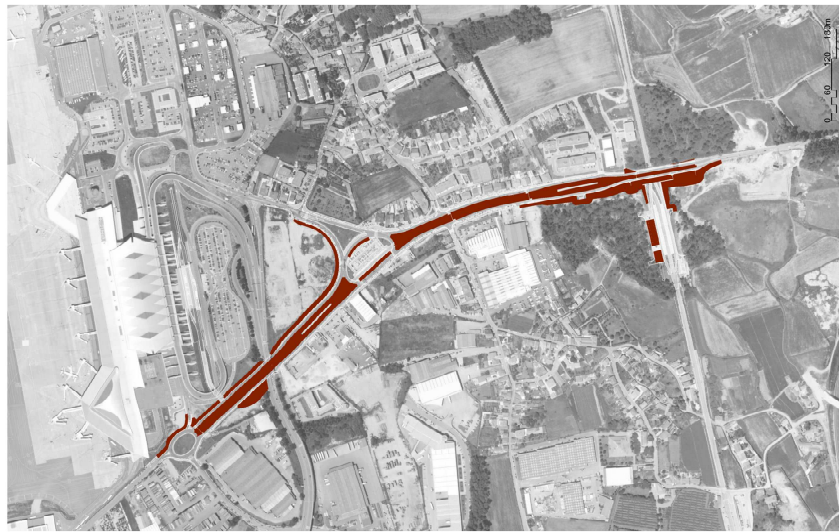


Figura 4.13 Linha de metro da Maia (marcada a vermelho) em espaço urbano fragmentado

No que diz respeito ao Projeto de Integração Paisagística, mantiveram-se os mesmos pressupostos dos projetos desenvolvidos para Matosinhos, mas foi utilizada uma menor diversidade de espécies, o que se deveu, por um lado, à menor área de intervenção e, por outro, ao facto da Câmara Municipal da Maia ter um plano de arborização para o concelho (PACM – Plano de Arborização do Concelho da Maia) e um Regulamento Municipal de Urbanização e Edificação do Concelho da Maia (RMUE), instrumentos de planeamento e gestão que definiram linhas de orientação, nomeadamente sobre que espécies a utilizar em cada arruamento e o *modus operandi* a aplicar nas ações de plantação e sementeira (Quadro 4.11).

As prescrições indicadas nos instrumentos de planeamento da Câmara Municipal da Maia foram incorporadas no projeto e na obra, através das especificações técnicas inseridas no caderno de encargos e na seleção das espécies. Estes instrumentos de planeamento permitiram também ter a perceção das estratégias definidas pelo município para a implementação da Estrutura Ecológica Municipal.

Ao longo da execução do projeto decorreram reuniões entre projetistas, técnicos da Divisão de Planeamento Territorial e da Divisão do Ambiente da Câmara Municipal da Maia e dos Departamentos de Infraestruturas e de Exploração da Metro do Porto S.A., o que permitiu fazer a seleção do material vegetal, das técnicas de plantação e dos sistemas de rega de acordo com o interesse de todos os intervenientes no processo (análise e aprovação de projetos, acompanhamento e fiscalização da obra e manutenção dos espaços verdes).

Especial atenção foi dada à arborização pois a Metro do Porto S.A. pretendia que as árvores a plantar fossem capazes de desempenhar todas as suas funções e adquirir elevado valor ornamental num curto espaço de tempo. As árvores colocadas ao longo dos percursos e “corredor” do metro teriam que oferecer continuidade de alinhamentos e volumes, constituindo-se como elementos definidores de “fachadas uniformes”, definindo limites, volumes e alinhamentos, dando “ordem” num espaço urbano fragmentado e diversificado nos usos (moradias unifamiliares, edifícios multifamiliares, armazéns, indústrias, hotéis aeroporto e ainda, e residualmente, surgem áreas de floresta e agricultura (Costa, 2004^a).

Quadro 4.11 Síntese dos aspetos considerados nos projetos de Integração Paisagística realizados no concelho da Maia no âmbito da intervenção da Metro do Porto S.A.

Designação na dissertação	Designação do Projeto	Data do projeto de Integração Paisagística	Características de solo	Características climáticas e Qualidade do ar	Principais objetivos subjacentes às intervenções
	Sector D - Troço T10 - Maia	Out. 01			Obra de pequena dimensão não tendo sido considerada no presente estudo.
Maia 1	Ligação do Metro ao Aeroporto Francisco Sá Carneiro ao longo da EN-107	Jan. 04	- Solos pobres e com zonas de aterro e de escavação; - Plantações em caldeiras de pequena dimensão; - Plantação sobre solos degradados.	- Arruamentos com boa insolação em todo o troço; - Ventos fortes e permanentes e as plantas que não têm proteção do edifício são muito afetadas; - Tráfego rodoviário e Aeroporto.	Os mesmos objetivos ponderados nos projetos da linha do metro do concelho de Matosinhos e ainda: - maior cuidado com os custos e condições técnicas da manutenção; - maior cuidado com a capacidade de instalação do material vegetal; - grande ênfase dada à arborização no sentido de assegurar continuidades, linearidade e de criar pontos de referência.
	<i>Casuarina equisetifolia; Cinnamomum camphora; Cupressus sempervirens sempervirens; Fagus sylvatica; Jacaranda mimosifolia; Liquidambar styraciflua; Liquidambar styraciflua "Lane Roberts"; Liriodendron tulipifera "Fastigiata"; Sorbus aucuparia.</i>				

Fonte: Costa, 2004^a

4.4.2.3 Projetos de Integração Paisagística do Metro em Gondomar

O projeto desenvolvido para a linha de metro de Gondomar compreendeu as áreas entre o Parque Nascente e Cabanas (Figura 4.14) e refletiu os conhecimentos adquiridos com a realização dos projetos dos troços e estações das linhas dos concelhos de Matosinhos e Maia.

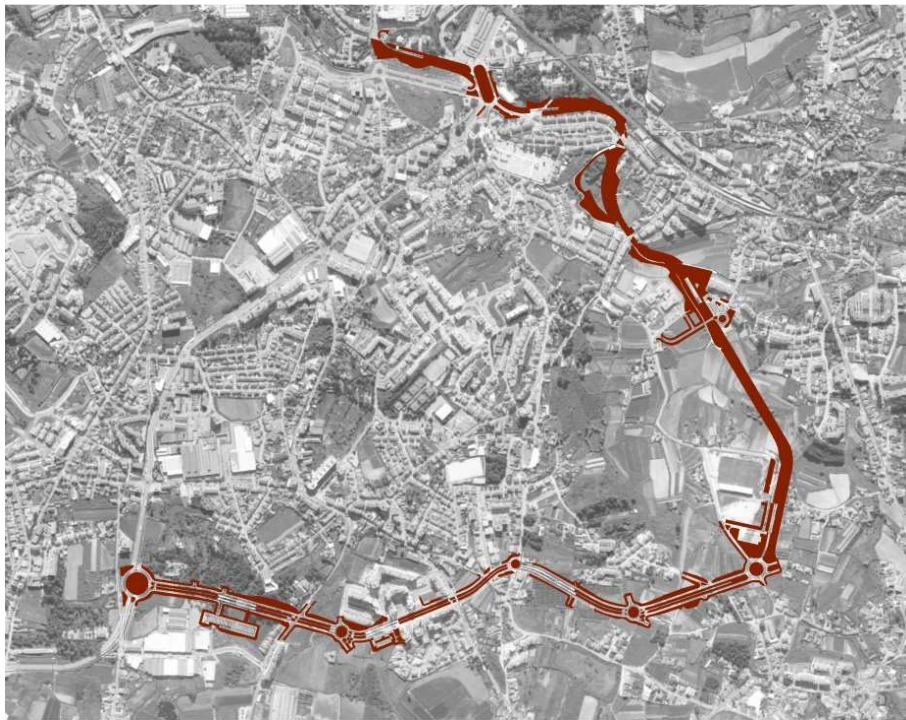


Figura 4.14 Linha de Metro de Gondomar (marcada a vermelho) em espaço urbano fragmentado

Novamente se deu grande importância aos aspetos relacionados com a manutenção dos espaços verdes tendo os projetistas efetuado reuniões com os técnicos da Divisão do Ambiente da Câmara Municipal da Maia e da Divisão de Espaços Verdes da Câmara Municipal de Matosinhos e técnicos dos Departamentos de infraestruturas, de Exploração e de Planeamento e Controlo de Gestão da Metro do Porto S.A. no sentido de se obterem dados sobre o modo como os projetos anteriormente realizados e construídos estavam a evoluir.

No Projeto de Integração Paisagística para a linha de metro de Gondomar foram realizadas exigências programáticas específicas pela empresa Metro do Porto S.A. e entidades licenciadoras (Autarquia e Ministério do Ambiente) o que levou o projeto de Gondomar a ter especial atenção com as especificações técnicas. Das recomendações constantes na Declaração de Impacto Ambiental (DIA) e no Relatório de Conformidade Ambiental do Projeto de Execução (RECAP), ressaltam-se a inscrição do “corredor” do metro numa tipologia geral da inserção urbana do metro tendo-se que atender à proximidade das linhas de água, solos de elevada qualidade (RAN) e a presença de áreas com matas de sobreiros (Costa, 2007).

No que diz respeito ao Projeto de Integração Paisagística para esta linha, enumeram-se apenas os pontos que se consideram serem diferenciadores em relação aos

pressupostos e princípios apresentados para as linhas dos concelhos de Matosinhos e Maia e que se mantiveram em Gondomar (Quadro 4.12).

O Cadernos de Encargos / Condições técnicas do projeto de execução de Integração Paisagística de Gondomar apresentavam como exigência a execução de um viveiro de árvores e arbustos e área de ensaio com sementes em obra com um ano de antecedência em relação à data de execução da empreitada de construção de espaços verdes. O viveiro poderia ser realizado nos estaleiros da obra ou num local com condições edafoclimáticas semelhantes às existentes na obra (Costa, 2007). Esta condição implicou a definição em projeto de cuidados especiais quanto ao material vegetal e condições técnicas relativas à receção provisória e definitiva, aclimação, plantação e manutenção.

Tendo os projetistas considerado que a obra do Parque Expo 98 é ainda hoje uma referência pela metodologia, corpo técnico e resultados obtidos com o viveiro experimental e obra, serviu de base para algumas das soluções apresentadas no projeto do Metro em Gondomar, nomeadamente no que diz respeito ao material vegetal na distinção realizada entre “*as operações de fornecimento e as de plantação*” o que permitiu definir critérios e princípios para a seleção das espécies, quantidades e características dendrométricas de fornecimento (Castel-Branco, 1998: 104).

A experiência do Parque Expo 98 foi considerada uma boa base de trabalho no projeto dado a obra de Gondomar envolver um número muito elevado de árvores e ter um curto período para a execução da obra de espaços verdes.

O viveiro de obra tinha por principal objetivo a compra antecipada de elevada quantidade do material vegetal com qualidade, quer no mercado nacional quer no mercado internacional e as condições técnicas de projeto faziam as seguintes exigências:

- i. aclimação do material arbóreo e arbustivo. A manutenção do viveiro ficava a cargo do empreiteiro geral da obra; Muitas das plantas eram provenientes de viveiros de regiões distintas de onde iriam ser plantadas sendo sujeitas a períodos de stresse quando colocadas nos locais definitivos. A instalação provisória em viveiro de aclimação, onde a manutenção seria mais cuidada, permitiria preparar as plantas para o local definitivo;
- ii. podas de formação quando tecnicamente viáveis (de acordo com pareceres de especialistas) e substituição atempada das árvores que não cumprissem as condições prescritas nas condições técnicas e desenhos e que não fossem rececionadas;

- iii. disponibilidade de árvores e arbustos devidamente preparados para serem transportados e plantados em obra logo que houvesse condições (após construção de todas as infraestruturas, arruamentos e via de metro). A desativação do viveiro fazia parte da própria obra de modo a não poder vir a constituir um futuro problema;
- iv. controle fitossanitário das plantas. Caso as plantas viessem com pragas durante o período em que se encontrassem em viveiro seria possível detetar e fazer tratamentos quando possível, ou rejeitar as plantas quando os tratamentos não fossem viáveis;
- v. preparação devida das tutoragens;
- vi. ensaios de sementes em lotes individuais para verificação *in loco* da capacidade germinativa e o comportamento das sementes face às condições locais de clima e solo e, com antecedência em relação à data de sementeira em obra, aferir a composição das sementeiras;
- vii. determinar a dimensão e modo de execução das covas para árvores;
- viii. determinar as alturas e pap das árvores a plantar nos diferentes locais (revisão de projeto) caso houvesse dificuldade de fornecimento no mercado nacional e internacional.

Foram ainda elementos determinantes na execução do projeto: (1) preservação das áreas de REN e RAN proibindo-se a circulação de máquinas, colocação de materiais e instalação de estaleiros; (2) preservação das matas de sobreiros; (3) transplante de sobreiros quando tecnicamente viável; (4) decapagem de terras vegetais e seu armazenamento em pargas para posterior reutilização em obra; (5) recuperação de todas as áreas de estaleiro com a remoção de solos contaminados, descompactação e sementeiras. (Costa, 2007).

Pretendia-se que os utentes do metro se identificassem com as novas ruas, estacionamentos, largos, parques e jardins criados com a nova obra do metro, apropriando-se destes espaços e utilizando-os quer nas suas atividades diárias quer nas de lazer.

A arborização neste Projeto foi utilizada como elemento identificador do lugar pelas composições e espécies selecionadas. Foram utilizadas composições com espécies da mata ripária ou com espécies da fitoassociação do Carvalhal quando junto a linhas de água,

ou em tipologias de Parques e Jardins com espécies da fitoassociação do Carvalho em composição com espécies exóticas em alinhamentos ao longo da via do metro, arruamentos e estacionamentos. Nas trincheiras situadas ao longo da via do metro e estações, as espécies arbóreas selecionadas apresentavam forma piramidal ou colunar e pouco desenvolvimento em diâmetro de modo a não interferirem com carruagens, postes e cabos elétricos de catenárias (Costa, 2007).

Quadro 4.12 Síntese dos aspetos considerados nos Projetos de Integração Paisagística realizados no concelho de Gondomar no âmbito da intervenção da Metro do Porto S.A.

Designação na dissertação	Designação do Projeto	Data do projeto de Integração Paisagística	Características de solo	Características climáticas e Qualidade do ar	Principais objetivos subjacentes às intervenções
Gond 1	Antas/Gondomar Troço Parque Nascente Cabanas	Dez. 07	- Solos em grande diversidade de situações – zonas de aterro e de escavação, zonas secas e zonas húmidas; - plantações e sementeiras em áreas inundáveis.	- Grande diversidade de situações mas na maioria dos casos as plantas usufruem de boa exposição solar; - Áreas com possibilidade de geadas; - Verões quentes.	Os mesmos objetivos ponderados nos projetos das linhas do metro dos concelhos de Matosinhos e Maia ainda: - preocupações com a execução de técnicas de plantação e sementeiras nas melhores condições; - maior atenção dada à relação entre vegetação e utilizadores do espaço; - plantação das árvores atendendo ao uso atual e previsto do solo; - grande ênfase dado ao sucesso de instalação do material vegetal.

Fonte: Costa, 2007

4.4.3 Processo construtivo e custos associados ao metro de Matosinhos, Maia e Gondomar

Tendo os Projetos de Integração Paisagística e as empreitadas de construção de espaços verdes sido realizados entre 2000 e 2010 considera-se ser necessário entender a relação temporal entre os projetos e a execução das empreitadas, tal como ter a perceção de qual o custo que o Projeto de Integração Paisagística tem quando integrado na obra de infraestrutura do metro.

O Quadro 4.13 sintetiza um vasto número de dados que permitem fazer várias considerações. Se analisadas as datas de projeto e das empreitadas de construção de espaços verdes verifica-se serem datas muito próximas tal como se verifica que ao longo de um período de 10 anos existiu continuidade de trabalhos refletindo ritmos contínuos de construção. Quanto aos custos de construção das áreas verdes são percentualmente baixos

quando considerados a totalidade dos custos associados à construção da infraestrutura do metro. A percentagem das empreitadas dos espaços verdes geralmente não chega a 2% do valor total da empreitada geral de construção da infraestrutura quando envolve troços extensos e estações. No entanto, as percentagens do valor da empreitada de espaços verdes em relação ao valor total da empreitada geral da infraestrutura é da ordem dos 11% a 18% quando as empreitadas de espaços verdes recaem apenas sobre estações. Esta diferença de percentagem do valor da empreitada dos espaços verdes deve-se ao facto de nas estações se realizarem redes de rega complexas, plantarem-se árvores, arbustos e trepadeiras em maior número e com maiores dimensões e se aplicarem menores áreas de hidrossementeira. Geralmente estas empreitadas incluem os parques de estacionamento que também são plantados com árvores de maior porte.

O maior investimento nas estações deve-se ao facto de serem espaços onde se concentra maior número de pessoas, quer em tempos de espera quer de transbordo, sendo considerados tempos tendencialmente pouco agradáveis pelos utentes sendo necessário tornar os espaços confortáveis, atrativos, seguros e funcionais. Foram vários os Projetos realizados nos três concelhos para os diferentes troços e estações do metro, tal como foram várias as empreitadas realizadas e empreiteiros envolvidos nos processos construtivos. Nos espaços verdes estiveram envolvidos seis empreiteiros num período compreendido entre 2001 e 2010. As empreitadas de espaços verdes foram realizadas sob condições construtivas e climáticas distintas tendo decorrido por vezes no período seco e chuvoso e noutras situações na época estival.

Quadro 4.13 Resumo das intervenções realizadas nas Linhas de Matosinhos, Maia e Gondomar: projetos, empreitadas e custos

Designação das áreas de intervenção na tese	Projeto	Data do projeto de Integração Paisagística	Data obra de espaços verdes	% Valor da empreitada de EV / Empreitada geral (valores de concurso)	Custo/m2 EV euros (custo de valor do concurso)	Empreiteiro Geral Subempreiteiro de espaços verdes+
Mat 1	Troço T6 Sectores A,B,C,D	Out-01 Nov-01	Nov-00 Dez-02	1,37%	33,44	Somague/Soares da Costa/Bombardier/ Balfour Regaflor + Beatly/Semaly/ Transdev/Impregilo Regaflor +
Mat 1	Troço T6 Sectores E,F,G,H	Dez-01			18,74	
Mat 1	Troço T6 – Cruz de Pau – Matosinhos Sul	Abr-02			13,50	
Mat 2	Troço T5 - T7 Av. Fabril do Norte - Matosinhos	Jul-02	Dez 02	0,36%	8,32	Beatly/Semaly/ Transdev/Impregilo Regaflor +
Mat 3	Troço T7 – Estação de Custóias - Matosinhos	Mar-04	Mar-05 Mai-06	1,65%	7,43	Somague/Soares da Costa/Bombardier/ Balfour Beatly/Semaly/Transdev/ Impregilo Regaflor +

Quadro 4.13 Resumo das intervenções realizadas nas Linhas de Matosinhos, Maia e Gondomar: projetos, empreitadas e custos (Continuação)

Designação das áreas de intervenção na tese	Projeto	Data do projeto de Integração Paisagística	Data obra de espaços verdes	% Valor da empreitada de EV / Empreitada geral (valores de concurso)	Custo/m2 EV euros (custo de valor do concurso)	Empreiteiro Geral Subempreiteiro de espaços verdes+
Mat 3	Troço T 7 – Rua da Lagoa - Custóias Matosinhos	Mar-05	Set-05 Jun-06	7,21%	15,63	OFM/Somafel 3 JJJ +
Mat 4	Troço T7 – Estação de Esposade - Matosinhos	Jan-04	Nov-04 Mar-05	18,58%	20,32	DST Viveiros Dulce +
Mat 5	Troço T 8 – Estação de Araújo - Matosinhos	Mar-05	Jun-05 Mar-08	13,23%	10,20	Alberto Martins Mesquita, Lda Agroapoio +
Mat 5	Troço T 8 – Estação Cândido dos Reis Matosinhos	Mar-05	-			Empreitada que não foi realizada
Mat 5	Troço T 8 – Estação de Custió - Matosinhos	Mar-05	Jun-05 Mar-08	7,70%	16,66	Alberto Martins Mesquita, Lda Agroapoio +
Mat 5	Troço T 8 – Estação Pias Matosinhos	Mar-05	Jun-05 Mar-08	11,25%	10,36	Alberto Martins Mesquita, Lda Agroapoio +
Maia 1	Ligação do Metro ao Aeroporto Francisco Sá Carneiro ao longo da EN-107	Jan-04	Mar-05 Mai-06	1,83%	13,03	Somague/Soares da Costa Agroapoio + Decojardim + Verde e Púrpura +
Gond 1	Antas/Gondomar Troço Parque Nascente Cabanas	Dez-07	Mar-09 Dez-10	1,74%	14,60	Mota Engil/Somague/Soares da Costa Regaflor +

+ Subempreitada de espaços verdes;

Fonte: Metro do Porto S.A.: Departamentos de infraestruturas; Departamento de Exploração; Departamento de Planeamento e Controlo de Gestão.

4.4.4 O Metro de Matosinhos, Maia e Gondomar como Corredor Verde

Decorrente dos Projetos de Inserção Urbana e de Integração Paisagística, associados às linhas do metro, encontra-se uma arborização que ora se encontra aplicada em áreas permeáveis, como sejam o caso de jardins, parques, espaços verdes de enquadramento e rotundas, ora em áreas de maior impermeabilização encontrando-se a arborização localizada em trincheiras ou caldeiras como são exemplos a via de metro, as estações, as ruas, os largos e os parques de estacionamento. Nas linhas de metro dos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar, entre 2001 e 2010, através dos vários projetos de Integração Paisagística propunha-se o estabelecimento de cerca de 23 ha de espaços verdes de utilização pública e a plantação 5300 árvores (Quadro 4.14). Durante as

empreitadas de construção de espaços verdes algumas das árvores previstas em projeto não foram plantadas (cap. 5) tendo as maiores alterações ocorrido na linha de metro de Matosinhos, nomeadamente pela não construção da estação de Cândido dos Reis.

Quadro 4.14 Quantidade de árvores e de áreas verdes previstas em projeto de Integração paisagística do metro nos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar

Linha	Matosinhos	Maia	Gondomar	Total
Anos em que se efetuaram plantações e sementeiras	01-08	05-06	09-10	
Árvores (un)	2786	471	2046	5303
Áreas verdes (m2)	94036	28460	107506	230002

Fonte: Aparte, Consultores de Arquitectura Paisagista, Lda. e autora

De acordo com os dados fornecidos pelo Departamento de Exploração e pelo Departamento de Planeamento e Controlo da Gestão da Metro do Porto S.A., desde 2004 até 2012, foram plantadas ao longo das linhas de metro quase 11 500 árvores em cerca de 46,5 ha de áreas verdes de uso público em grande diversidade de espécies e tipologias de espaço público atravessando 7 municípios (Vila Nova de Gaia, Porto, Gondomar, Matosinhos, Maia, Vila do Conde e Póvoa de Varzim).

Quadro 4.15 Quantidade de árvores plantadas e de áreas verdes instaladas no metro do Porto até 2012

Anos	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011-12	Total
Árvores plantadas (un)	1 598	512	2 486	317	1 039	507	4 229	740	11428
Áreas verdes construídas (m2)	69 324	11 397	91 013	23 953	62 629	10 633	150 962	44604	464515

Fonte: Metro do Porto S.A.: Departamentos de infraestruturas; Departamento de Exploração; Departamento de Planeamento e Controlo de Gestão.

As três linhas de metro em estudo abarcam 3 dos 7 municípios por onde circula o metro do Porto e os projetos de Integração Paisagística contabilizam cerca de 46% do total das árvores plantadas e contabilizadas entre 2003 e 2012 e as áreas verdes de projeto correspondem a 49,5% da área total de espaços verdes instalados e contabilizados no mesmo período.

Para além dos aspetos quantitativos que se têm vindo a referir importa observar se a arborização que tem vindo a ser plantada ao longo das linhas do metro do Porto define

continuidade e articulação entre as diferentes tipologias de espaços públicos. Por observação dos desenhos Tipologias de Espaço Público e Plantação de Árvores nas Linhas do Metro (Anexo A) verifica-se que a arborização se apresenta ao longo das linhas, por vezes em situações de maior expressividade onde a relação entre o comprimento e a largura são mais próximas e noutras em situações em que a relação entre o comprimento e a largura apresentam valores muito distintos sendo muito estreitos, mas verifica-se que a arborização praticamente acompanha em continuidade as linhas de Matosinhos, Maia e Gondomar assegurando o estabelecimento de linearidade e de ligações com espaços verdes envolventes, linhas de drenagem natural e espaços rurais e florestais.

O metro do Porto em Matosinhos, Maia e Gondomar constitui-se como corredor verde no contexto da AMP porque as suas áreas verdes e arborização se desenvolvem linearmente e em continuidade assim como estabelece e assegura conectividade com outros espaços permeáveis. O desenho da arborização do metro do Porto contribuiu para o estabelecimento de relações com os espaços urbanos de morfologias diversas (consolidados e fragmentados) que atravessa proporcionando funções múltiplas.

4.4.5 Tipologias de Espaços Públicos nos Corredores Verdes do Metro de Matosinhos, Maia e Gondomar

Integram os corredores verdes das linhas de metro de Matosinhos, Maia e Gondomar espaços de uso público que desempenham diversas funções sendo umas fundamentais como circular, estar e estacionar e outras de carácter opcional e social como o recreio e lazer em zonas verdes, ou atividades associadas à expressão plástica e artística sendo exemplos a “Música na Rua” (Metro do Porto, 2012) e instalação “Abraçar uma árvore” na Estação da Senhora da Hora em 2013.

Foi possível identificar um conjunto de tipologias de espaços públicos associados às linhas de metro tendo por base as suas funções dominantes. Dada a diversidade de situações presentes ao longo das linhas do metro do Porto ainda se encontraram sub-tipologias de espaços públicos que se encontram sintetizadas no Quadro 4.16 e no anexo A.

Quadro 4.16 Tipologias e sub-tipologias de espaços públicos do metro do Porto nas Linhas de Matosinhos, Maia e Gondomar

Tipologia de Espaços Públicos	Sub-tipologia de espaços públicos
Espaços de Circulação	Rua e passeios
	Via do metro
	Rotundas
Estações e Paragens de Transporte Público	Estações do Metro
Estacionamento de Transporte Privado	Parques de Estacionamento
Praças e Largos	Largos
Espaços de Transição	Espaços Verdes de Enquadramento
Espaços de Recreio e Lazer e de Proteção e Conservação	Parques e Jardins

A rua por ser arborizada na maioria das situações é uma tipologia que integra os corredores verdes do metro encontrando-se frequentemente associada à via do metro. A rua inclui a faixa de circulação rodoviária, estacionamentos colocados ao longo da faixa de circulação, passeios públicos e arborização em caldeira ou trincheira. A rua apresenta-se como espaço multifuncional acolhendo a deslocação (metro, rodoviário, pedonal), comércio, residência e indústria. A rua foi classificada como espaço público associado a corredor verde tendo por base o princípio de que terá qualidades particulares que a demarcam de outros canais de circulação pela arborização que lhe confere a capacidade de desenvolver mais atividades e qualidades espaciais e sensoriais como seja texturas, cores, cheiros ou sons, ou pormenores típicos associados à arborização.

As rotundas apresentam aspetos de desenho e de leitura próprios. São espaços associados à rua sendo estruturantes da definição do desenho urbano e constituem elementos referenciais do espaço, pelo que são de elevada importância na leitura e circulação no espaço, quer quando se utilizam veículos quer na circulação pedonal. Geralmente é atribuído um elevado valor estético ao espaço rotunda pelo grande número de pessoas que a utiliza e, no caso específico do metro do Porto, pelo facto de serem arborizadas e por vezes atravessadas pelo metro. A arborização é o elemento estruturante e referencial. São locais estratégicos do espaço urbano pois neles se pode entrar e sair da rua ou do bairro e são focos intensivos para os quais e dos quais nos deslocamos. Constituem junções, interrupções, momentos de mudança no espaço urbano. Os conceitos de cruzamento e de rotunda estão intimamente associados ao das ruas, pois os cruzamentos são típicas convergências de ruas (Lynch, 2008).

As vias do metro correspondem a espaços públicos que têm por principais funções assegurar a circulação de carruagens e, sempre que possível definir faixas de transição entre a zona de circulação de carruagens e a circulação pedonal e rodoviária. As faixas de transição podem ser permeáveis ou impermeáveis e com arborização.

As estações de metro encontram-se ligadas ao sistema de vias do metro e ruas e são nós de junção estratégicos encontrando-se arborizadas. Algumas constituem-se como pontos de intermodalidade articulando o metro com outros meios de transporte tornando-se espaços de grande afluência de pessoas. Outras têm características próprias de desenho urbano ou inserção paisagística sendo fáceis de reconhecer e constituem nós urbanos relevantes. As estações apresentam-se como sub-tipologia por apresentarem maior número de funções do que a via do metro, pois para além das funções desempenhadas pela via do metro ainda permitem a estadia e, como referido algumas das estações são Intermodais.

A tipologia de parque de Estacionamento encontra-se associada a outros meios de transporte públicos como táxis, autocarros e camionagem. Para além das funções de estacionamento de veículos ligeiros estão associadas a estes espaços lógicas de intermodalidade mesmo quando localizados em áreas próprias, desligadas da via do Metro parecendo secundarizadas. Os parques de Estacionamento dadas as funções e localização no espaço urbano apresentam-se como estacionamentos/praças, estacionamentos/ruas, estacionamentos/rotundas sendo sempre arborizados. Os Parques de Estacionamento correspondem a áreas próprias e individualizadas da rua que se destinam ao estacionamento automóvel.

As Praças são pontos de encontro com limites bem definidos pelo edificado podendo ter vários acessos. Considera-se que ao longo das linhas do metro do Porto não existem praças dada a reduzida dimensão e a ausência de um desenho específico de praça. No entanto existem Largos arborizados resultantes de alargamentos dados pelo traçado das novas vias e via do metro com as pré-existências. No metro do Porto também não existem as tipologias de Adros e Terreiros porque sendo uma tipologia que geralmente se encontra associada a elementos representativos da religiosidade ou de sítios de valor histórico o cuidado aplicado no projeto de Inserção Urbana levou a que não se interferisse com espaços com valor patrimonial ou com áreas de elevado valor cultural ou referencial encontrando-se a linha do metro afastada destes locais.

Os Jardins e Parques correspondem a espaços predominantemente permeáveis e arborizados com vários estratos florísticos tendo por principais funções o recreio e o lazer e são utilizados preferencialmente pelas populações que residem na sua envolvente. Encontram-se ao longo das linhas do Metro do Porto espaços verdes a que se atribui a classificação de Jardim ou Parque sempre que confrontam diretamente e sem qualquer tipo de limitação física com jardins ou parques existentes ou propostos em plano dado funcionarem como elementos de continuidade e de complementaridade de funções. Nenhum dos espaços verdes situados ao longo das linhas do Metro apresentam dimensões *per si* para que possam ser classificados como de jardim ou parque.

Por fim, tem-se a tipologia de Espaços Verdes de Enquadramento correspondendo a espaços multifuncionais que fazem concordância entre cotas de pavimentos, zonas de aterro e escavação, antigos depósitos de entulhos e transição entre áreas permeáveis e áreas pavimentadas, sendo espaços instáveis, de pendentes acentuadas e com solos de má qualidade para espaços verdes. Ao longo da linha de Metro constitui-se como uma tipologia que pode espacialmente adquirir dimensões muito variáveis. Quando associadas a outras tipologias os Espaços Verdes de Enquadramento podem adquirir valor referencial, como por exemplo, com ruas e largos e, se tiverem dimensão suficiente para poder conter elementos de média/grande escala, podem *per si*, constituírem-se como referências funcionais e formais, nomeadamente evitando que as pessoas se percam (no sentido literal ou psicológico) fazendo relações de escala entre os diferentes elementos urbanos ou criando espaços que ofereçam conforto e referências dentro do espaço urbano.

Os desenhos de tipologias de Espaço Público e Plantação de Árvores nas Linhas do Metro (Anexo A) referenciam as diferentes tipologias ao longo das linhas de Metro de Matosinhos, Maia e Gondomar e a Figura 4.15 apresenta alguns exemplos.

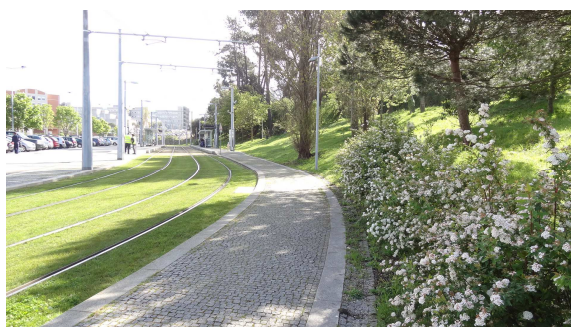
Constituindo-se as linhas do metro em Matosinhos, Maia e Gondomar como corredores verdes lineares, contínuos, multifuncionais e de utilização pública, e sendo a arborização o elemento estruturante destes corredores verdes, considera-se necessário avaliar se efetivamente a arborização se está a implantar e desenvolver no contexto ambiental, físico e social do espaço urbano de modo a integrar a estrutura ecológica.



Largo na Linha de Matosinhos
2013



Rotunda na Linha de Matosinhos
2005



Parque e Jardim na linha de Matosinhos
2013



Rua na Linha da Maia
2013



Estação de Metro na linha de Gondomar
2011



Estacionamento na linha da Maia
2009



Espaços Verdes de Enquadramento na linha de Matosinhos
2013



Via de metro na Linha de Gondomar
2013

Figura 4.15 Sub-tipologias de espaços públicos nas linhas de metro de Matosinhos, Maia e Gondomar

CAPÍTULO 5. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS ÁRVORES E DOS CORREDORES VERDES DO METRO DO PORTO

Considerando-se que as linhas do metro do Porto em Matosinhos, Maia e Gondomar se constituem como corredores verdes, o capítulo 5 trata da avaliação do desempenho da arborização introduzida ao longo das linhas de metro de Matosinhos e da Maia e dos corredores verdes das linhas de metro de Matosinhos, Maia e Gondomar. A linha de Gondomar apenas é avaliada enquanto corredor verde na medida em que à altura do levantamento de campo, no verão de 2009, a obra ainda não se encontrava concluída e portanto não havia ainda plantação de árvores.

Este capítulo apresenta a Parte B da metodologia de trabalho (Figura 1.2), sendo suportado pelos anexos A e B que tratam respetivamente de Tipologias de Espaço Público e Plantação de Árvores nas linhas de Metro do Porto e Levantamento de Campo.

A metodologia é desenvolvida em 3 momentos de avaliação consistindo os 2 primeiros na determinação dos indicadores e o último na aplicação dos indicadores às árvores plantadas ao longo das linhas de metro do Porto em Matosinhos, Maia e Gondomar fazendo-se a avaliação do desempenho das linhas enquanto corredores verdes (Figura 5.1).



Figura 5.1. Metodologia - Fase 2.

A avaliação da arborização urbana é feita com base em dois indicadores: 1) Indicadores da Capacidade de Instalação e Crescimento das Árvores em Espaço Urbano (ICICA) e 2) Indicadores de Desempenho das Árvores no Espaço Urbano (IDA). Por Capacidade de Instalação e Crescimento entende-se a capacidade das árvores se desenvolverem no espaço urbano após transplante a partir de viveiro e pretende-se avaliar a arborização no respeitante à sua mortalidade, vitalidade e acréscimos médios anuais de pap e altura. Por Desempenho entende-se a capacidade das árvores se desenvolverem perante os fatores bióticos e abióticos presentes no espaço urbano e pretende-se avaliar também a arborização no respeitante ao modo como os fatores humanos presentes no espaço urbano vão interferir no crescimento da árvore. Esta avaliação é relevante porque os Corredores Verdes do metro do Porto só poderão cumprir devidamente as suas funções e objetivos se as árvores efetivamente se instalarem e crescerem.

5.1 AMOSTRAGEM E OBTENÇÃO DE DADOS

A obtenção dos indicadores sobre as árvores assenta numa base de dados construída a partir do levantamento de campo traduzido num vasto conjunto de medições realizadas diretamente sobre 2289 árvores plantadas nos espaços públicos das linhas do metro (anexo B). É importante acentuar que umas das árvores jovens estão em fase de instalação - tempo de plantação inferior a quatro anos – e outras já em fase de pós-instalação. A base de dados é de natureza quantitativa com base em duas variáveis, acréscimos de pap e altura, e qualitativa baseada na observação visual das árvores e do local de plantação de acordo com parâmetros estabelecidos. A base de dados, dada a sua magnitude, não é um elemento integrante desta dissertação. Os indicadores e os fatores de avaliação foram calculados e definidos a partir dela e são apresentados no presente capítulo.

As empreitadas de construção dos espaços verdes do metro do Porto começaram no ano 2000 tendo havido uma quase permanente continuidade de empreitadas de espaços verdes até ao final do ano de 2010, pelo que os dados de levantamento correspondem a árvores plantadas em espaço urbano ao longo de 9 anos, de Novembro de 2000 a Setembro de 2009. Assim no levantamento de campo em 2009, as árvores avaliadas tinham diferentes tempos de crescimento.

As árvores que foram sujeitas a medição e observação encontram-se plantadas em todas as tipologias de espaço público: ruas, estacionamento, rotundas, vias do metro, estações, largos, jardins/parques e espaços verdes de enquadramento, sendo representativas de várias tipologias de espaço urbano correspondendo a:

- a) locais de tráfego intenso, zonas industriais e grandes infraestruturas (Aeroporto Francisco Sá Carneiro, plataforma logística e porto de Leixões), geradoras de poluição e grande densidade populacional;
- b) locais de tráfego mediano e localização de algumas infraestruturas geradoras de poluentes e edificação em grande diversidade de situações correspondendo a espaço urbano fragmentado;
- c) locais de pouco tráfego inserido em contexto de espaço urbano fragmentado (estações de Esposade, Pias e Araújo);
- d) locais de urbano consolidado e com tráfego rodoviário gerador de poluentes e em diversidade de usos.

Foram ainda ponderados os seguintes aspetos na definição da amostragem:

- i. as árvores presentes nestas linhas e estações de metro correspondem a um elevado número de espécies (cultivares, híbridos) com alturas e pap distintos, plantadas em diferentes anos, em diferentes situações de plantação (caldeira, trincheira e em terreno) e em várias empreitadas de construção de espaços verdes;
- ii. os dados a obter são rigorosos e concretos sobre as condições e características das árvores, solos, condições hídricas, quer quando da execução das empreitadas de construção de espaços verdes, quer relativamente às ações de manutenção.

O levantamento de campo decorreu durante o Verão de 2009, entre Junho e Setembro de acordo com o apresentado no Anexo B.

Pela consulta dos Projetos de Integração Paisagística desenvolvidos para as estações e troços das linhas do metro de Matosinhos e Maia verificou-se que estava prevista a plantação de 3257 árvores, durante as várias empreitadas. No entanto, durante o levantamento de campo e por informações fornecidas pela Metro do Porto S.A. (Departamento de Infraestruturas; Departamento de Exploração e Departamento de Planeamento e Controlo de Gestão) verificou-se a ocorrência de um conjunto de situações que impediram a plantação da totalidade das árvores quando da execução das obras e cujos principais motivos se deveram a:

- existência de afloramentos rochosos que impediram a abertura de covas para a plantação de árvores e futuro desenvolvimento do sistema radicular;
- pré-existência de árvores no local e que foram preservadas;
- construção de taludes com maior inclinação do que previsto em projeto, ou locais onde houve necessidade de aplicação de telas e, ou, necessidade de construção de muros deixando de haver condições técnicas para a plantação de árvores;
- eliminação de caldeiras para plantação de árvores por necessidade de acessos a garagens, novas vias, ou revisão de compassos de plantação;
- alteração de compassos de plantação em trincheiras e canteiros durante a execução de obra;
- não concretização da expropriação de terrenos;
- constatação em obra de exiguidade de espaço para plantação de árvores;
- intervenção de condóminos ou associações de moradores que tratando dos espaços verdes não permitiram alterações às situações existentes;
- áreas retiradas do âmbito do projeto da Metro do Porto S.A. por passarem para a competência das autarquias, ou para fases posteriores de intervenção, ou por tomada de decisão de não realização;
- alterações ao Projeto de Inserção Urbana o que levou a alterações ao Projeto de Integração Paisagística causando a eliminação de árvores.

Também foram excluídas do levantamento de campo árvores cujas características morfológicas apresentam especificidades como sejam: *Olea europaea* var. *europaea*, *Chamaerops humilis* e *Phoenix canariensis* e as que se consideraram ter um crescimento predominantemente arbustivo e não arbóreo¹⁰ (*Crataegus monogyna*, *Magnolia stellata*, *Melaleuca linariifolia* e *Laurus nobilis*).

A totalidade das situações referidas implicou uma redução de 23,58% do número total das árvores inicialmente previstas em projeto, tendo sido efetivamente plantadas em obra 2489 árvores (76,42%), o que pode ser considerado um valor elevado quando ponderado o número de entidades e empreitadas envolvidas, complexidade do processo construtivo (diferentes épocas do ano, tempos reduzidos para execução, sobreposição de empreitadas), extensão territorial e diversidade de tipologias de espaço urbano (consolidado e fragmentado).

¹⁰ Abriu-se exceção com *Camellia japonica* e *Magnolia x soulangeana* dada a utilização secular desta espécie e híbrido na Área Metropolitana do Porto como arbustos de porte arbóreo quer em maciço quer em alinhamentos, considerando-se relevante a obtenção de dados sobre esta espécie e híbrido em espaço urbano.

No entanto, o número total de árvores plantadas em obra não correspondeu ao número total das árvores levantadas o que se deveu à inacessibilidade das equipas de levantamento a alguns locais dada a grande inclinação dos taludes e ao facto de as áreas de plantação se encontrarem vedadas ou serem privadas. Foram também registadas as árvores mortas (Quadro 5.1).

Após levantamento de campo, excluíram-se as espécies cujo número total de exemplares fosse em número igual ou inferior a três, como foi o caso de *Cinnamomum camphora*, *Fagus sylvatica*, *Liriodendron tulipifera*, por se considerar que os dados estatísticos a obter não teriam significado dado o número de exemplares em análise ser muito reduzido. O valor superior a três por espécie ainda é reduzido como elemento de amostragem mas, dado tratar-se de um caso concreto de aplicação a situação de projeto optou-se por integrar estas espécies na amostragem.

Quadro 5.1. Caracterização da amostragem.

Nº total de Árvores propostas em projeto	Nº total de Árvores plantadas em obra	Nº total de Árvores indicadas em projeto e não plantadas em obra	Nº total de Árvores Inacessíveis ao levantamento de campo	Nº total de Árvores não avaliadas (excluídas)	Nº total de Árvores sujeitas a levantamento de campo e a avaliação percentual (inclui <u>todas</u> as árvores presentes no terreno)	Nº total de Árvores sujeitas a levantamento de campo e a análise de crescimentos (exclui as árvores mortas)
3257	2489	768	192	8	2289	1926
100%	76,42%	23,58%				
	100%		7,71%	0,31%	91,96%	77,38%

Na base de dados constam assim 92% do número total de árvores plantadas no metro do Porto nas linhas de Matosinhos e Maia, ou 77% do número de árvores plantadas se consideradas apenas as árvores vivas, considerando-se serem amostragens representativas das árvores plantadas ao longo dos corredores verdes do metro do Porto (Quadro 5.1).

A amostragem contempla 29 espécies (cultivares, híbridos) indicadas no Quadro 5.2 que se encontram plantadas nas estações e linhas de Matosinhos e Maia. Indicam-se também as suas características de pap e alturas quando da data da plantação. Verificou-se que alguns cultivares e híbridos indicados em Projetos de Integração Paisagística foram substituídos em obra tendo todas as alterações sido consideradas na amostragem. O Quadro 5.2 regista ainda a distribuição da localização de cada espécie em função da linha e do troço de levantamento (Figuras 5.2, 5.3 e 5.4).

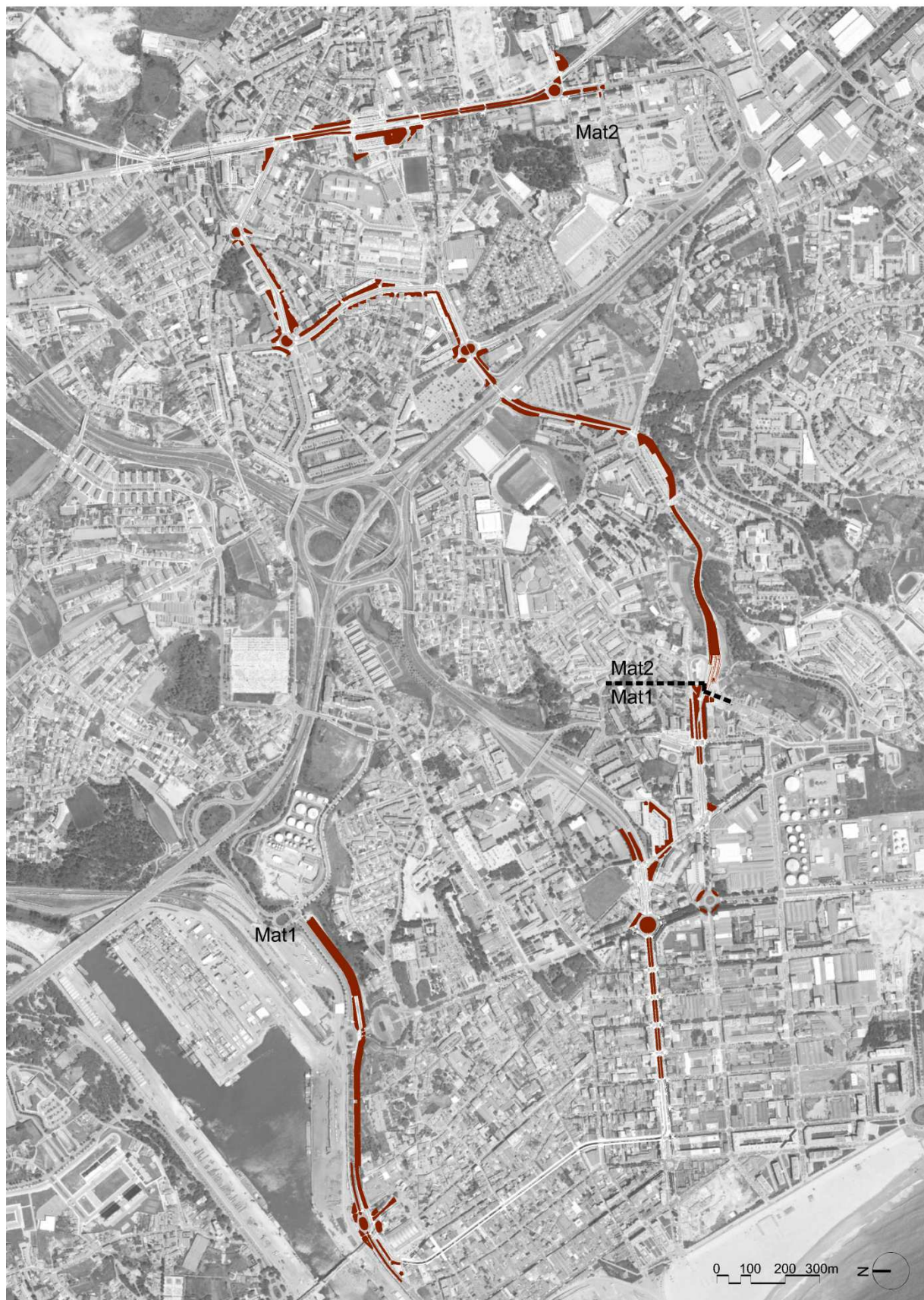


Figura 5.2 Troços de levantamento - Mat 1 a Mat 2.



Figura 5.3 Troços de levantamento - Mat 3 a Mat 5.

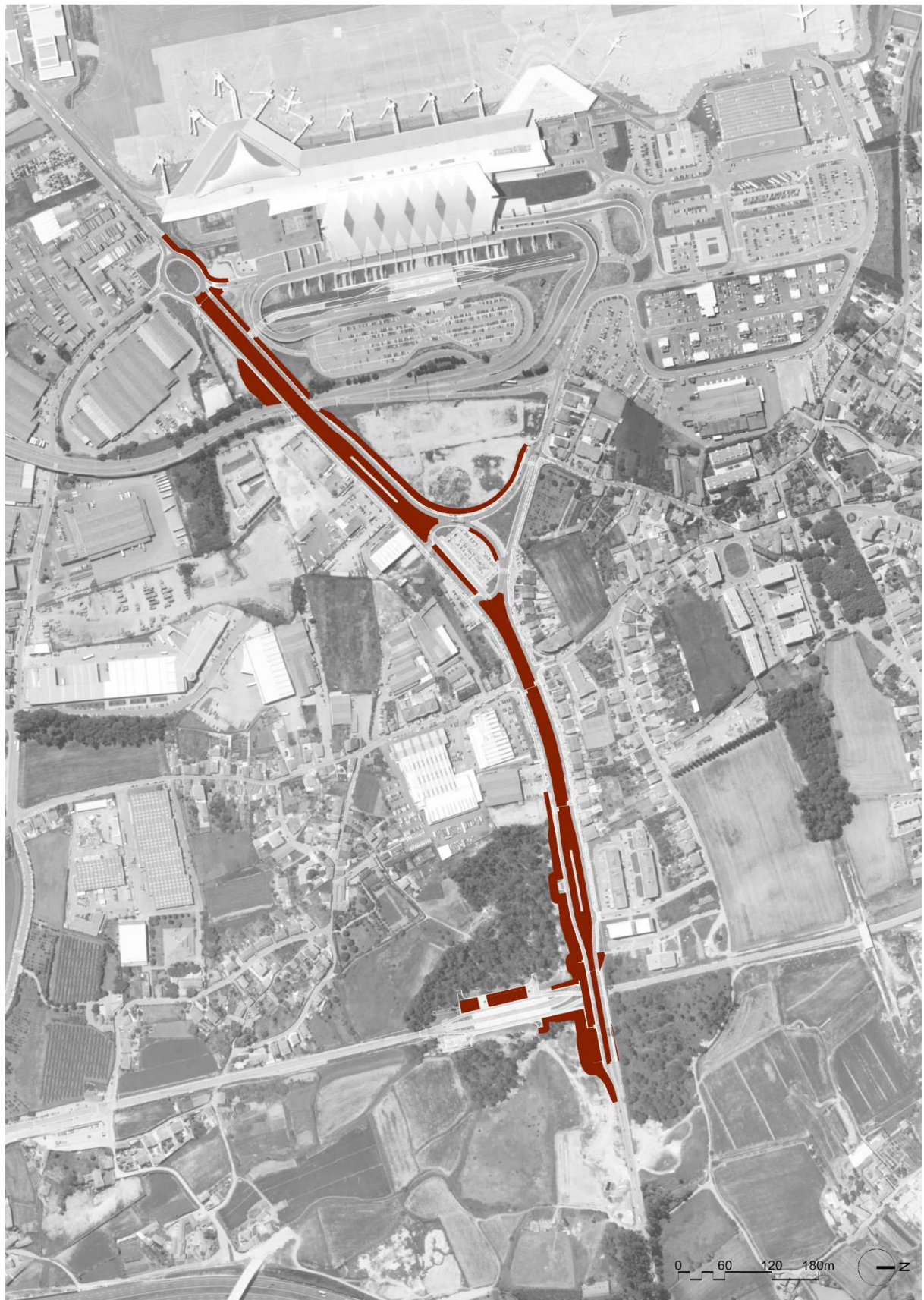


Figura 5.4 Troços de levantamento - Maia 1.

Quadro 5.2. Lista de espécies (cultivar, híbrido) e características da amostragem

Nomes botânicos ^a	pap cm	Altura m	Localização/Troço do Metro ^b	Data da obra de espaços verdes ^c	Nomes botânicos ^d (Nomenclatura na dissertação)
<i>Acer negundo</i> L.	14 – 16	4,5 – 4,0	R Lagoa (est F. Cuco) Custóias – Mat 3	Mar.05 – Jun.06	<i>Acer negundo</i>
<i>Acer negundo</i> L. cv. “Flamingo” ¹ substituído por <i>Acer negundo</i> L.	14 – 16	4,5 – 4,0	Linha da Matosinhos Mat 1	Nov.00 – Dez.02	<i>Acer negundo</i>
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	16 – 18 16 – 18 16 – 18	4,5 – 4,0 5,0 – 4,5 5,0 – 4,5	Linha da Matosinhos Mat 2 R Lagoa (est F. Cuco) Custóias – Mat 3 Esposade - Mat 4	Dez.02 Mar.05 – Jun.06 Nov.04 – Mar.05	<i>Acer pseudoplatanus</i>
<i>Acer rubrum</i> L. cv. “Columnare”	16 – 18	4,5 – 4,0	Pias, Araújo e Custió – Mat 5	Jun.05 – Mar.08	<i>Acer rubrum</i> “Columnare”
<i>Betula celtiberica</i> Rothm. & Vasc.	14 – 16 16 – 18	4,5 – 4,0 4,0 – 3,5	R Lagoa (est F. Cuco) Custóias – Mat 3 Pias, Araújo e Custió – Mat 5	Mar.05 – Jun.06 Jun.05 – Mar.08	<i>Betula celtiberica</i>
<i>Camellia japonica</i> L.	12 – 14	3,0 – 2,5	Pias, Araújo e Custió – Mat 5	Jun.05 – Mar.08	<i>Camellia japonica</i>
<i>Casuarina equisetifolia</i> J. R. Forst. & G. Forst.	16 – 18 16 – 18	5,0 – 4,5 4,5 – 4,0	Linha da Maia - Maia 1 R Lagoa (est F. Cuco) Custóias – Mat 3	Mar.05 – Mai.06 Mar.05 – Jun.06	<i>Casuarina equisetifolia</i>
<i>Cinnamomum camphora</i> ³ (L.) Presl	22 - 25	5,0 – 4,5	Linha da Maia - Maia 1	Mar.05 – Mai.06	<i>Cinnamomum</i> <i>camphora</i>
<i>Cupressus sempervirens</i> L. cv. “Pyramidalis”	14 - 16	4,5 – 4,0	R Lagoa (est F. Cuco) Custóias – Mat 3	Mar.05 – Jun.06	<i>Cupressus</i> <i>sempervirens</i> “Pyramidalis”
<i>Cupressus sempervirens</i> L. for. <i>sempervirens</i>	16 – 18 16 - 18 14 – 16 12 - 14	5,0 – 4,5 5,0 - 4,5 4,5 – 4,0 3,5 – 3,0	R Lagoa (est F. Cuco) Custóias – Mat 3 Linha da Maia - Maia 1 Esposade - Mat 4 Pias, Araújo e Custió – Mat 5	Mar.05 – Jun.06 Mar.05 – Mai.06 Nov.04 – Mar.05 Jun.05 – Mar.08	<i>Cupressus</i> <i>sempervirens</i> <i>sempervirens</i> <i>sempervirens</i>
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	16 – 18	5,0 – 4,5	R Lagoa (est F. Cuco) Custóias – Mat 3	Mar.05 – Jun.06	<i>Eucalyptus globulus</i>
<i>Fagus sylvatica</i> ³ L.	16 - 18	5,0 – 4,5	Linha da Maia - Maia 1	Mar.05 – Mai.06	<i>Fagus sylvatica</i>
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	16 – 18 14 – 16	4,5 – 4,0 4,5 – 4,0	Linha da Matosinhos Mat 1 Esposade - Mat 4	Nov.00 – Dez.02 Nov.04 – Mar.05	<i>Fraxinus angustifolia</i>
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	22 - 25	5,0 – 4,5	Linha da Maia - Maia 1	Mar.05 – Mai.06	<i>Jacaranda</i> <i>mimosifolia</i>
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	16 - 18 14 – 16 16 – 18 16 – 18 16 – 18	5,0 – 4,5 4,5 – 4,0 4,0 – 3,5 4,5 – 4,0 4,0 – 3,5	Linha da Maia - Maia 1 Linha da Matosinhos Mat 1 Linha da Matosinhos Mat 2 R Lagoa (est F. Cuco) Custóias – Mat 3 Pias, Araújo e Custió – Mat 5	Mar.05 – Mai.06 Nov.00 – Dez.02 Dez.02 Mar.05 – Jun.06 Jun.05 – Mar.08	<i>Liquidambar</i> <i>styraciflua</i>
<i>Liquidambar styraciflua</i> L. cv. “Lane Roberts”	16 – 18 16 – 18	5,0 – 4,5 4,5 – 4,0	Linha da Maia - Maia 1 R Lagoa (est F. Cuco) Custóias – Mat 3	Mar.05 - Mai.06 Mar.05 – Jun.06	<i>Liquidambar</i> <i>styraciflua</i> “Lane Roberts”
<i>Liriodendron tulipifera</i> ³ L.	16 – 18 16 – 18	4,5 – 4,0 4,5 - 4,0	Linha da Matosinhos Mat 1 Linha da Matosinhos Mat 2	Nov.00 – Dez.02 Dez.02	<i>Liriodendron tulipifera</i>
<i>Liriodendron tulipifera</i> L. cv. “Fastigiata”	16 - 18	5,0 – 4,5	Linha da Maia - Maia 1	Mar.05 – Mai.06	<i>Liriodendron tulipifera</i> “Fastigiata”
<i>Magnolia x soulangeana</i> Soul-Bod.	16 – 18 16 - 18	4,5 – 4,0 4,5 – 4,0	Linha da Matosinhos Mat 1 Linha da Matosinhos Mat 2	Nov.00 – Dez.02 Dez.02	<i>Magnolia x</i> <i>soulangeana</i>
<i>Magnolia x soulangeana</i> ² “Alba Superba” substituído por <i>Magnolia x soulangeana</i> Soul. - Bod.	16 - 18	4,5 – 4,0	Pias, Araújo e Custió – Mat 5	Jun.05 – Mar.08	<i>Magnolia x</i> <i>soulangeana</i>
<i>Melia azedarach</i> L.	16 – 18	4,0 – 3,5	Linha da Matosinhos Mat 2	Dez.02	<i>Melia azedarach</i>
<i>Metrosideros robusta</i> A. Cunn.	8 – 10	2,0 – 1,5	Linha da Matosinhos Mat 1	Nov.00 – Dez.02	<i>Metrosideros robusta</i>
<i>Pinus pinea</i> L.	20 – 25 16 - 18 18 – 20 18 – 20	4,5 – 4,0 4,0 – 3,5 2,5 – 2,0 2,5 – 2,0	Pias, Araújo e Custió – Mat 5 Esposade - Mat 4 Linha da Matosinhos Mat 1 Linha da Matosinhos Mat 2	Jun.05 – Mar.08 Nov.04 – Mar.05 Nov.00 – Dez.02 Dez.02	<i>Pinus pinea</i>
<i>Populus nigra</i> L.	14 - 16	4,5 - 4,0	Linha da Matosinhos Mat 1	Nov.00 – Dez.02	<i>Populus nigra</i>
<i>Populus nigra</i> L. cv. “Italica”	14 - 16 14 - 16 12 – 14 12 – 14 12 – 14 12 - 14	5,0 – 4,5 4,5 – 4,0 3,5 – 3,0 3,5 – 3,0 3,5 – 3,0 3,5 – 3,0	Esposade - Mat 4 R Lagoa (est F. Cuco) Custóias – Mat 3 Linha da Matosinhos Mat 1 Linha da Matosinhos Mat 2 Araújo e Custió – Mat 5 Pias, Araújo e Custió – Mat 5	Nov.04 – Mar.05 Mar.05 – Jun.06 Nov.00 - Dez.02 Dez.02 Jun.05 – Mar.08 Jun.05 – Mar.08	<i>Populus nigra</i> “Italica”
<i>Platanus x hispanica</i> Miller ex Munchh.	16 – 18 16 - 18	4,5 – 4,0 4,5 – 4,0	Linha da Matosinhos Mat 1 Linha da Matosinhos Mat 2	Nov.00 – Dez.02 Dez.02	<i>Platanus x hispanica</i>
<i>Prunus avium</i> L. cv. “Plena”	16 - 18 14 – 16 14 – 16	4,5 – 4,0 3,5 – 3,0 3,5 – 3,0	Esposade - Mat 4 Linha da Matosinhos Mat 1 Linha da Matosinhos Mat 2	Nov.04 – Mar.05 Nov.00 – Dez.02 Dez.02	<i>Prunus avium</i> “Plena”

Quadro 5.2. Lista de espécies (cultivar, híbrido) e características da amostragem (Continuação)

Nomes botânicos ^a	pap cm	Altura m	Localização/Troço do Metro ^b	Data da obra de espaços verdes ^c	Nomes botânicos ^d (Nomenclatura na dissertação)
<i>Prunus serrulata</i> Lindl cv. "Kanzan"	10 - 12	2,5 - 2,0	R Lagoa (est F. Cuco) Custóias – Mat 3	Mar.05 – Jun.06	<i>Prunus serrulata</i> "Kanzan"
<i>Quercus robur</i> L.	16 - 18 16 - 18 16 - 18 16 - 18	5,0 - 4,5 5,0 - 4,5 4,5 - 4,0 4,5 - 4,0	R Lagoa (est F. Cuco) Custóias – Mat 3 Esposade - Mat 4 Linha da Matosinhos Mat 2 Pias, Araújo e Custió – Mat 5	Mar.05 – Jun.06 Nov.04 – Mar.05 Dez.02 Jun.05 – Mar.08	<i>Quercus robur</i>
<i>Quercus suber</i> L.	20 - 22 16 - 18	4,5 - 4,0 3,5 - 3,0	Pias, Araújo e Custió – Mat 5 Linha da Matosinhos Mat 2	Jun.05 – Mar.08 Dez.02	<i>Quercus suber</i>
<i>Robinea pseudoacacia</i> L. cv. "Pyramidalis"	10 - 12	4,0 - 3,5	Linha da Matosinhos Mat 2	Dez.02	<i>Robinea pseudoacacia</i> "Pyramidalis"
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	14 - 16 14 - 16 14 - 16 14 - 16 14 - 16 12 - 14	4,5 - 4,0 4,5 - 4,0 4,5 - 4,0 4,5 - 4,0 4,0 - 3,5 4,0 - 3,5	Linha da Matosinhos Mat 2 R Lagoa (est F. Cuco) Custóias – Mat 3 Linha da Maia - Maia 1 Esposade - Mat 4 Pias – Mat 5 Araújo – Mat 5	Dez.02 Mar.05 – Jun.06 Mar.05 – Mai.06 Nov.04 – Mar.05 Jun.05 – Mar.08 Jun.05 – Mar.08	<i>Sorbus aucuparia</i>
<i>Tilia cordata</i> Mill	16 - 18 16 - 18	4,5 - 4,0 4,5 - 4,0	Linha da Matosinhos Mat 1 Pias, Araújo e Custió – Mat 5	Nov.00 – Dez.02 Jun.05 – Mar.08	<i>Tilia cordata</i>
<i>Ulmus procera</i> Salisb.	16 - 18	4,5 - 4,0	Linha da Matosinhos Mat 2	Dez.02	<i>Ulmus procera</i>

Fonte: ^a Moreira, 2008; ^b Projetos de Integração Paisagística executados para a Metro do Porto, S. A.; ^c dados fornecidos pela Metro do Porto S.A. ^d ao longo da dissertação não se utilizará o convénio de colocar o nome do classificador no final dos nomes em latim que identificam a espécie, forma, cultivar e híbrido.

Notas gerais: A - Por dificuldade de fornecimento em obra foram alteradas alguns cultivares pedidos em projeto: ¹ *Acer negundo* "Flamingo" substituído por *Acer negundo*; ² *Magnolia x soulangeana* "Alba Superba" substituída por *Magnolia x soulangeana*; B - ³ árvores que não foram inseridas na avaliação estatística por se encontrarem num número considerado insuficiente. C - Ao longo da dissertação utiliza-se a expressão "espécies (cultivares, híbridos)" para indicar as espécies registando assim a possibilidade de se tratar de um híbrido ou um cultivar. Apenas uma das espécies reclama a indicação da forma: *Cupressus sempervirens sempervirens* motivo que levou à sua omissão na expressão geral.

5.2 TRATAMENTO DOS DADOS OBTIDOS NA AMOSTRAGEM

Dada a quantidade de fatores envolvidos no estudo (abióticos e humanos) houve a necessidade de submeter o conjunto de dados obtidos nos levantamentos de campo a um prévio tratamento estatístico de forma a perceber qual a importância que cada um desses fatores tem nos parâmetros estudados (acréscimos anuais de pap e altura das árvores), e de que forma eles interagem entre si.

Desta forma, e numa primeira fase, criaram-se subconjuntos dentro da totalidade da amostra de modo a que, em cada subconjunto, todas as árvores estivessem nas mesmas condições para poderem ser comparadas. Os dados assim organizados foram sujeitos a testes de análise de variância (ANOVA) onde todas as origens de variação envolvidas no estudo foram discriminadas. Este teste permite quantificar a variação que cada fator tem na variação total dos parâmetros em estudo e verificar se existem diferenças estatisticamente

significativas entre as médias da amostra tendo em consideração a sua dispersão em torno da média.

Após efetuar as análises de variância e perceber quais as origens de variação mais responsáveis pela variação dos parâmetros (acréscimos anuais de pap e altura das árvores) realizaram-se, para essas origens de variação, testes de comparação de médias. São os resultados destes testes que são apresentados no trabalho e que são utilizados na análise dos resultados e na obtenção dos indicadores.

Selecionou-se o teste de comparação de médias porque permite fazer a comparação de médias entre diferentes espécies (cultivares, híbridos) face à análise de um fator e verificar se essas espécies (cultivares, híbridos) em comparação possuem médias estatisticamente iguais ou não. Também permite fazer comparações múltiplas de fatores.

Tratando-se de um caso de estudo aplicado a uma situação concreta de obra, e não de um ensaio laboratorial onde a amostragem se encontra sistematizada, para que fosse possível estabelecer comparações entre os vários fatores selecionados para obtenção dos indicadores tiveram que ser definidos subconjuntos de amostragem e não a totalidade da amostragem pelo que, a amostra obtida para avaliação de cada parâmetro, difere entre fatores.

No entanto, como cada árvore em análise tem a sua própria “história”, no seu próprio local, considerou-se que os dados são relevantes independentemente da significância estatística que possam apresentar. Este aspeto está sempre presente em todas as comparações e inter-relações de dados que se fizeram.

5.3 INDICADORES DA CAPACIDADE DE INSTALAÇÃO E CRESCIMENTO DAS ÁRVORES EM ESPAÇO URBANO/ 1ª avaliação

O sucesso da plantação das árvores nos espaços urbanos é fundamental para a consolidação da arborização urbana e, conseqüentemente dos corredores verdes, pelo que ter acesso a Indicadores da Capacidade de Instalação e Crescimento das Árvores em Espaço Urbano pode ser determinante à tomada de decisões de natureza económica e de desenho da paisagem das quais se destacam: elaboração de planos, realização de projetos, definição de programas de gestão e determinação de operações de manutenção.

Para que se possa chegar a este indicador torna-se necessário avaliar os acréscimos médios anuais de pap e altura, mortalidade e vitalidade das árvores nos primeiros anos após a plantação de acordo com a metodologia indicada na Figura 5.5.

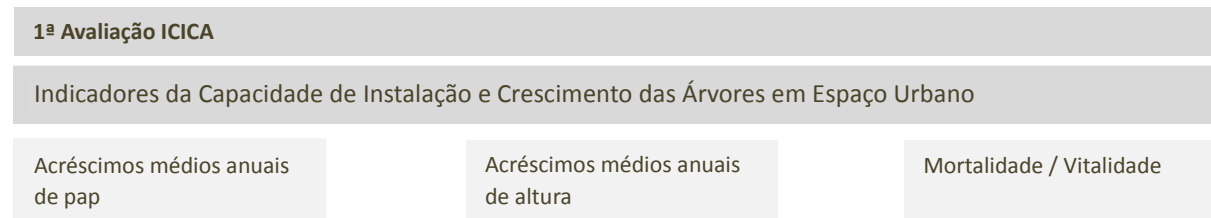


Figura 5.5 1ª avaliação. Indicadores da Capacidade de Instalação e Crescimento das Árvores em espaço urbano (ICICA)

5.3.1 Avaliação dos acréscimos médios anuais de perímetro à altura do peito e de alturas das árvores

Ao se determinarem os acréscimos médios anuais de pap e altura das diferentes espécies (cultivares, híbridos) é possível determinar se as árvores que tendo sobrevivido após a plantação, manifestam crescimento, ou se, pelo contrário, as árvores entram num processo de debilidade que as pode levar à morte.

As médias dos acréscimos médios anuais de pap e altura por espécies (cultivares, híbridos) foram obtidos sobre o total da amostragem das árvores vivas (Figura 5.6). Dos valores alcançados verifica-se haver marcadamente três classes distintas de acréscimos médios de pap (elevados, médios e baixos). As espécies (cultivares, híbridos) com acréscimos médios anuais de pap superiores a 6 cm/ano pertencem à classe “elevados” as que apresentam acréscimos médios anuais de pap compreendidos entre 3 a 6 cm/ano à classe “médios” e, por fim, as árvores com acréscimos médios anuais inferiores a 3 cm/ano, à classe “baixos”. No que diz respeito aos acréscimos médios anuais em altura também para a mesma amostragem definem-se três classes. A classe de “elevados” que engloba as espécies (cultivares, híbridos) que apresentam acréscimos médios anuais de altura iguais ou superiores a 1,00 m/ano, as espécies (cultivares, híbridos) com acréscimos médios anuais compreendidos entre 0,50 e 1,00 m/ano, que pertencem à classe “médios” e, por fim, as espécies (cultivares, híbridos) com acréscimos médios anuais inferiores a 0,50 m/ano, que pertencem à classe “baixos”.

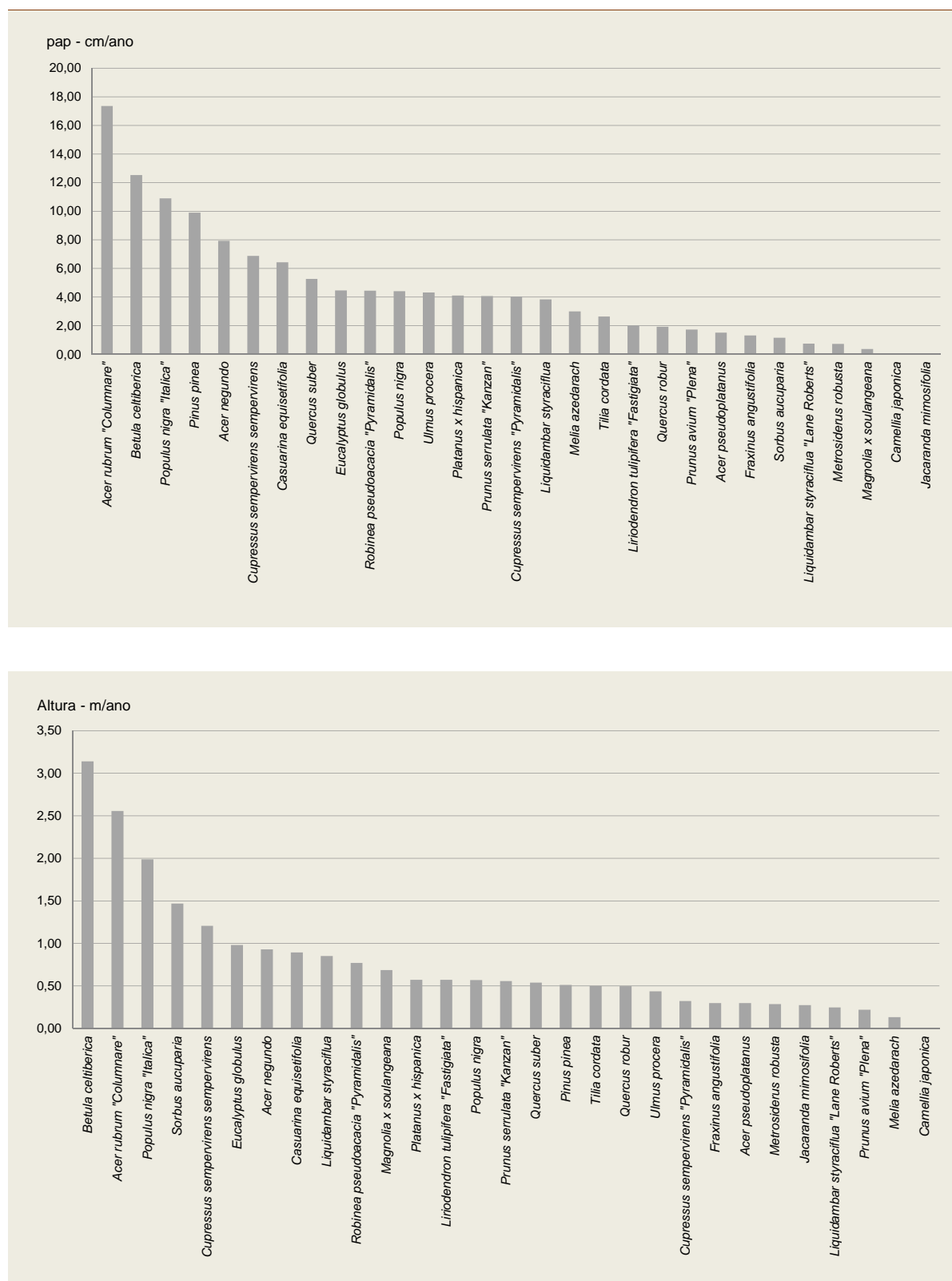


Figura 5.6 Acréscimos médios anuais de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido)

Verifica-se que nas linhas de metro em Matosinhos e Maia existem espécies, (cultivares, híbridos) com acréscimos médios de pap na classe “elevados”: *Acer rubrum* “Columnare” (17,36cm), *Betula celtiberica* (12,53cm), *Populus nigra* “Itálica” (10,91cm), *Pinus pinea* (9,90cm), *Acer negundo* (7,94cm), *Cupressus sempervirens sempervirens* (6,88cm) e *Casuarina equisetifolia* (6,43cm).

Quanto à classe de acréscimos “médios” identificaram-se: *Quercus suber* (5,28cm), *Eucalyptus globulus* (4,48cm), *Robinea pseudoacacia* “Pyramidalis” (4,46cm), *Populus nigra* (4,41cm), *Ulmus procera* (4,33cm), *Platanus x hispanica* (4,11cm), *Prunus serrulata* “Kanzan” (4,08cm), *Cupressus sempervirens* “Pyramidalis” (4,05cm) e *Liquidambar styraciflua* (3,84cm).

Quanto à classe de acréscimos “baixos” identificaram-se: *Melia azedarach* (2,99cm), *Tilia cordata* (2,65cm), *Liriodendron tulipifera* “Fastigiata” (2,02cm), *Quercus robur* (1,93cm), *Prunus avium* “Plena” (1,74cm), *Acer pseudoplatanus* (1,51cm), *Fraxinus angustifolia* (1,32cm), *Sorbus aucuparia* (1,17cm), *Liquidambar styraciflua* “Lane Roberts” (0,75cm), *Metrosideros robusta* (0,73cm), *Magnolia x soulangeana* (0,38cm), *Camellia japonica* (0,07cm) e *Jacaranda mimosifolia* (0,05cm).

Verifica-se que para uma mesma espécie, a forma ou o cultivar pertencem a classes distintas nos acréscimos médios anuais dos pap e que entre forma e cultivar duma mesma espécie também as classes são distintas. Vejam-se os exemplos de:

- *Cupressus sempervirens* cuja forma *sempervirens* apresenta acréscimos médios anuais de pap de 6,88cm (classe “elevados”) enquanto o cultivar *Pyramidalis* tem acréscimos de 4,05cm (classe “médios”);

- *Populus nigra* “Itálica” apresenta acréscimos médios anuais de 10,91cm (classe “elevados”) enquanto a espécie *Populus nigra* tem acréscimos médios anuais de 4,41cm (classe “médios”);

- *Liquidambar styraciflua* tem acréscimos de 3,84cm (classe “médios”) e o cultivar *Liquidambar styraciflua* “Lane Roberts” de 0,75cm (classe “baixos”).

Quanto aos acréscimos médios anuais de alturas integram a classe de “elevados”: *Betula celtiberica* (3,14m), *Acer rubrum* “Columnare” (2,56m), *Populus nigra* “Itálica” (1,99m), *Sorbus aucuparia* (1,47m), *Cupressus sempervirens sempervirens* (1,21m) e *Eucalyptus globulus* (0,98m). Quanto às espécies (cultivares, híbridos) que podem ser classificadas como tendo acréscimos médios anuais de altura “médios” são: *Acer negundo* (0,93m),

Casuarina equisetifolia (0,90m), *Liquidambar styraciflua* (0,85cm), *Robinea pseudoacacia* “Pyramidalis” (0,77m), *Magnolia x soulangeana* (0,69m), *Platanus x hispanica* (0,57m), *Liriodendron tulipifera* “Fastigiata” (0,57m), *Populus nigra* (0,57m), *Prunus serrulata* “Kanzan” (0,56m), *Quercus suber* (0,54m), *Pinus pinea* (0,51m), *Tilia cordata* (0,50m) e *Quercus robur* (0,50m). Por fim, o grupo de espécies (cultivares, híbridos) que apresenta “baixos” acréscimos em altura correspondem a *Ulmus procera* (0,44m), *Cupressus sempervirens* “Pyramidalis” (0,33m), *Fraxinus angustifolia* (0,30m), *Acer pseudoplatanus* (0,30cm), *Metrosiderus robusta* (0,29m), *Jacaranda mimosifolia* (0,28m), *Liquidambar styraciflua* “Lane Roberts” (0,25m), *Prunus avium* “Plena” (0,22m), *Melia azedarach* (0,14m) e *Camellia japonica* (0,00m).

Existem espécies e cultivares que apresentam acréscimos médios anuais em altura notáveis sendo o caso de *Betula celtiberica*, *Acer rubrum* “Columnare” e *Populus nigra* “Italica” com valores compreendidos entre 2,00 e 3,00m.

À semelhança do que se verificou para os pap, para uma mesma espécie, a forma e cultivar apresentam variações significativas nos acréscimos médios anuais das alturas passando-se o mesmo entre formas e cultivares de uma mesma espécie. São exemplos:

- *Cupressus sempervirens* cuja forma *sempervirens* apresenta acréscimos médios anuais de altura de 1,21m (classe “elevados”) enquanto o cultivar *Pyramidalis* tem acréscimos médios anuais de altura de 0,77m (classe médios);

- Cultivar *Populus nigra* “Italica” apresenta acréscimos médios anuais em altura de 1,99m (classe “elevados”) enquanto a espécie *Populus nigra* de 0,57cm (classe “médios”);

- No que diz respeito à espécie *Liquidambar styraciflua* apresenta acréscimos médios anuais em altura de 0,85m (classe “médios”) e o cultivar *Liquidambar styraciflua* “Lane Roberts” de 0,25m (classe “baixos”).

Verifica-se existirem espécies (cultivares, híbridos) que apresentam simultaneamente “elevados” acréscimos médios anuais de pap e altura correspondendo às árvores que individualmente e mais precocemente desenvolvem volumes, cortinas, alinhamentos, ritmos, formas, pontuações tal como contribuem para o conforto bioclimático, qualidade do ar e qualidade estética e que são: *Acer rubrum* “Columnare”, *Betula celtiberica*, *Cupressus sempervirens* *sempervirens* e *Populus nigra* “Italica”. As árvores que mais lentamente conseguem desenvolver os atributos referidos são: *Acer pseudoplatanus*, *Camellia japonica*, *Fraxinus angustifolia*, *Jacaranda mimosifolia*, *Liquidambar styraciflua* “Lane Roberts”, *Melia azedarach*, *Metrosiderus robusta*, *Prunus avium* “Plena” e *Quercus robur*.

A classificação integrada dos acréscimos médios anuais de pap e altura por espécie (cultivar, híbrido) obedece à matriz entre as classes de acréscimos médios anuais de pap e altura (Quadro 5.3). O Quadro 5.4 apresenta classificação integrada dos acréscimos médios anuais de pap e altura por espécie (cultivar, híbrido).

A classificação integrada dos acréscimos médios anuais de pap e altura de “elevado”, “médio” e “baixo” indicada no Quadro 5.4 resulta da classificação dos acréscimos médios anuais de pap e altura. Assim a classificação integrada é igual à classificação dos acréscimos médios anuais de pap e altura quando estes têm classificação igual, tem a classificação mais elevada das classificações dos acréscimos médios anuais de pap e altura quando estes têm classificação imediatamente superior e inferior e tem classificação de “médio” quando os acréscimos médios anuais de pap e altura são diferentes tendo um a classe de “elevado” e outro a classe de “baixo”.

Quadro 5.3 Matriz entre os acréscimos médios anuais de pap e altura

Altura pap	E	M	B
E	E	E	M
M	E	M	M
B	M	M	B

B - “baixo”; M – “médio”; E - “elevado”

Quadro 5.4 Acréscimos médios anuais de pap e altura e classificação integrada dos acréscimos médios anuais de pap e altura

Espécie (cultivar, híbrido)	Número de árvores avaliadas	Média dos acrêscimos médios de pap em cm	Média dos acrêscimos médios de altura em m	Classificação integrada dos acrêscimos médios anuais de pap e altura		
<i>Acer negundo</i>	65	7,94185	E	0,93108	M	E
<i>Acer pseudoplatanus</i>	197	1,51386	B	0,29853	B	B
<i>Acer rubrum</i> “Columnare”	51	17,35882	E	2,55686	E	E
<i>Betula celtiberica</i>	47	12,52830	E	3,13787	E	E
<i>Camellia japonica</i>	7	0,07143	B	0,0000	B	B
<i>Casuarina equisetifolia</i>	129	6,43481	E	0,89512	M	E
<i>Cupressus sempervirens</i> “Pyramidalis”	27	4,04519	M	0,32519	B	M
<i>Cupressus sempervirens</i> “Sempervirens”	103	6,88306	E	1,20813	E	E
<i>Eucalyptus globulus</i>	4	4,47500	M	0,98250	M	M
<i>Fraxinus angustifolia</i>	97	1,32474	B	0,30103	B	B
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	17	0,05294	B	0,27647	B	B
<i>Liquidambar styraciflua</i>	120	3,84333	M	0,85417	M	M

B - “baixo”; M – “médio”; E - “elevado”

Quadro 5.4 Acréscimos médios anuais de pap e altura e classificação integrada dos acréscimos médios anuais de pap e altura (Continuação)

Espécie (cultivar, híbrido)	Número de árvores avaliadas	Média dos acréscimos médios de pap em cm		Média dos acréscimos médios de altura em m		Classificação integrada dos acréscimos médios anuais de pap e altura
<i>Liquidambar styraciflua</i> "Lane Roberts"	30	0,74800	B	0,24900	B	B
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"	181	2,02155	B	0,57238	M	M
<i>Magnolia x soulangeana</i>	76	0,37763	B	0,68684	M	M
<i>Melia azedarach</i>	28	2,99286	B	0,13571	B	B
<i>Metrosideros robusta</i>	18	0,73333	B	0,28889	B	B
<i>Pinus pinea</i>	68	9,89779	E	0,51176	M	E
<i>Platanus x hispanica</i>	51	4,10588	M	0,57451	M	M
<i>Populus nigra</i>	9	4,40556	M	0,57083	M	M
<i>Populus nigra</i> "Italica"	121	10,91314	E	1,98926	E	E
<i>Prunus avium</i> "Plena"	203	1,74027	B	0,22118	B	B
<i>Prunus serrulata</i> "Kazan"	7	4,08286	M	0,55857	M	M
<i>Quercus robur</i>	85	1,93259	B	0,49894	B	B
<i>Quercus suber</i>	5	5,28000	M	0,54000	M	M
<i>Robinea pseudoacacia</i> "Pyramidalis"	7	4,45714	M	0,77143	M	M
<i>Sorbus aucuparia</i>	117	1,16726	B	1,46829	E	M
<i>Tilia cordata</i>	11	2,64545	B	0,50000	M	M
<i>Ulmus procera</i>	45	4,33111	M	0,43778	B	M
29 espécies (cultivares, híbridos)	Total de árvores sujeitas a avaliação estatística – 1926 un					

B - "baixo"; M - "médio"; E - "elevado"

Sobre os acréscimos médios anuais, fazem-se os seguintes comentários para que se possa ter maior rigor na interpretação dos resultados:

- relativamente a *Jacaranda mimosifolia*, durante a execução da obra houve dificuldade em se adquirir no mercado árvores de acordo com as características indicadas em projeto. As árvores foram plantadas com os pap indicados em Caderno de Encargos havendo rigor na dimensão pap das árvores plantadas mas, quanto às alturas com que foram plantados, os dados podem não ser precisos pelo que os acréscimos indicados terão alguns desvios não controláveis no processo de avaliação;

- as indicações relativas ao *Ulmus procera* também carecem de rigor no que diz respeito às alturas com que foram plantados. Acresce a este dado o facto das caldeiras onde se encontram plantadas as árvores no estacionamento da Senhora da Hora apresentarem condições de drenagem muito deficientes o que poderá impedir o desenvolvimento normal das árvores.

5.3.2 Classificação da mortalidade e da vitalidade

Para a classificação da mortalidade das espécies (cultivares, híbridos) plantadas nas linhas de Matosinhos e na Maia tiveram que se considerar vários fatores pois verificou-se ser insuficiente o registo das árvores encontradas mortas quando do levantamento de campo. Sendo assim, para a classificação da mortalidade teve-se que obter dados dos projetistas (Aparte, Consultores de Arquitetura Paisagista, Lda e Laura Roldão Costa), dono de obra (Metro do Porto S. A.: Departamento de Exploração e Departamento de Planeamento e Controlo de Gestão) e Fiscalização; Câmara Municipal da Maia (Divisão de Ambiente) e Câmara Municipal de Matosinhos (Divisão de Espaços Verdes) tendo-se concluído que:

- algumas árvores plantadas durante a obra de construção de espaços verdes não se encontravam no local porque, tendo morrido tinham entretanto sido removidas nas operações de manutenção;

- algumas árvores tendo morrido ainda se encontravam no local, não tendo sido removidas;

- entre 2000 e 2009 não foram realizadas substituições de árvores mortas.

Durante o levantamento de campo, observaram-se árvores com sintomas resultantes da presença de agentes patogénicos tendo sido classificadas de inviáveis. Por árvores inviáveis entendem-se aquelas que apresentam sintomas graves e, ou, elevado número de agentes patogénicos ou outros motivos contribuintes para a sua debilidade estando por isso condenadas a uma morte ou remoção precoces correspondendo a 14,15% do número total de árvores amostradas (Quadro 5.5).

Quadro 5.5 Mortalidade das árvores nas linhas de Matosinhos e Maia

Nº total de Árvores com levantamento de campo e sujeitas a avaliação percentual	Nº total de Árvores mortas	Nº total de Árvores inviáveis	Nº total de Árvores viáveis
2289	363	324	1602
100%	15,86%	14,15%	69,99%

Resultado da ponderação de todos os dados, obteve-se uma percentagem de 15,9% de mortalidade para as árvores plantadas no metro do Porto nos corredores verdes do metro de Matosinhos e Maia entre os anos de 2000 e 2009 (1,76% taxa de mortalidade anual média), valor que pode ser considerado baixo/médio ao se atender que existem árvores que foram plantadas há quase 9 anos, mas que as últimas plantações se realizaram em Março de 2008 (Quadro 5.5) pelo que à altura do levantamento de campo, estas as árvores tinham pouco mais de 1 ano. Tendo por base a classificação de Bond (2005) que relaciona as taxas de mortalidade das árvores com a data de plantação, para períodos de instalação (1 a 4 anos após-plantação) taxas de mortalidade anuais elevadas são as compreendidas entre 7-9%, médias entre 5-7% e baixas entre 3-5% e em períodos de pós-instalação (entre 4 e 30 anos após plantação) são taxas de mortalidade anuais elevadas as que apresentam valores iguais ou superiores 2%, médias de 1% e baixas de 0,5%. Estando as árvores do metro do Porto em período de instalação ou tendo entrado em pós-instalação nas linhas do metro do Porto em Matosinhos e Maia, as árvores apresentam uma taxa de mortalidade que pode ser considerada baixa a média mesmo tendo em consideração que parte das árvores inviáveis poderá morrer.

As árvores amostradas encontram-se inseridas em espaço urbano consolidado e fragmentado e associadas a uma infraestrutura de mobilidade, estando predominantemente plantadas em espaços públicos com grande pressão antrópica como arruamentos, estacionamentos, vias de metro e espaços verdes de enquadramento, sendo poucas as árvores que se encontram em parques ou jardins pelo que, se comparados os valores da taxa de mortalidade das árvores do metro do Porto com taxas de mortalidade de árvores jovens plantadas em arruamentos urbanos, como por exemplo na Dinamarca, onde nos primeiros 10 anos foi de 22% e, na Finlândia, onde nos primeiros 2 anos a mortalidade foi de 10% (Pauleit *et al.*, 2002), os valores obtidos para a mortalidade das árvores plantadas ao longo das linhas do metro do Porto são inferiores.

As árvores encontram-se plantadas ao longo da linha de metro do Porto em espaço público em diferentes situações podendo estar em caldeiras, trincheiras ou em terreno (Anexo B). O Quadro 5.6 indica a mortalidade por situação de plantação verificando-se a maior percentagem de árvores mortas em situação de terreno, contribuindo com 74,66% do total das árvores mortas seguindo-se com valores muito inferiores a situação de caldeira com cerca de 24,79%, sendo que as trincheiras apresentam um valor de mortalidade residual. Apesar de ser em terreno que as árvores foram plantadas em maior quantidade (53,17% do total das árvores plantadas) é nesta situação que se verifica percentualmente uma maior mortalidade.

Quadro 5.6 Mortalidade das árvores nas linhas de Matosinhos e Maia por situação de plantação

	Nº total de árvores plantadas e avaliadas	Nº total de árvores mortas	Nº total de árvores em caldeira	Nº total de árvores mortas em caldeira	Nº total de árvores em trincheira	Nº total de árvores mortas em trincheira	Nº total de árvores em terreno	Nº total de árvores mortas em terreno
	2289		765		307		1217	
		363		90		2		271
Percentagem em relação ao número total de árvores avaliadas	100%		33,42%		13,41%		53,17%	
Percentagem em relação às árvores mortas		100%		24,79%		0,55%		74,66%

Podem-se apontar várias causas que explicam valores tão elevados de mortalidade das árvores em terreno: características próprias da espécie (*Sorbus aucuparia*, *Robinea pseudoacacia* “Pyramidalis” e *Betula celtiberica*), taludes com declives excessivamente elevados, solos contaminados com produtos tóxicos, solos resultantes de aterros sem qualidade estrutural para espaços verdes e ações provocadas pelas operações de manutenção, nomeadamente feridas nos troncos causadas pelas máquinas corta-relvas e cortes do colo pela motoroçadora, intoxicação por poluentes e presença de pragas.

No que diz respeito aos problemas detetados nas árvores mortas em caldeiras, os principais problemas potencialmente causadores de mortalidade são: tutoragens mal aplicadas ou que não foram retiradas na época devida e que provocaram feridas graves e permanentes nos troncos e atilhos e cintas que provocam enforcamentos. As árvores que se situavam em caldeira também estavam muito sujeitas a vandalismo principalmente devido a choques mecânicos (sobretudo provocados pelos automóveis), deposição de produtos tóxicos e compactação de solos.

Tendo-se avaliado a taxa de mortalidade anual e compreendido as principais razões que levaram à morte das árvores nas linhas de Matosinhos e Maia pretende-se conhecer a mortalidade que cada espécie (cultivar, híbrido) apresenta.

Para a determinação destes valores calcularam-se as percentagens de árvores mortas por espécie (cultivar, híbrido) seguindo-se a sua distribuição por classes, estabelecidas com base em estudos de diferentes autores realizados em diferentes geografias (Nowak *et al.*, 1990; Pauleit *et al.*, 2002; Bond, 2005). Foram assim estabelecidas as classes de “elevado” (E) quando a mortalidade é praticamente nula ou muito reduzida estando compreendidas entre 0 e 10% de mortalidade, “alto” (A) quando a mortalidade está compreendida entre 10 e 20% (tendo-se nestas situações que proceder a substituições num

maior número de vezes implicando maiores acréscimos de custos e menor eficiência nos efeitos pretendidos de homogeneidade e continuidade principalmente nas situações de árvores de alinhamento em arruamentos ou ao longo da via de metro do Porto, “médio” (M) quando a mortalidade apresenta percentagens elevadas na ordem de 20% a 40% implicando elevados custos de manutenção e grande heterogeneidade na evolução da arborização podendo pôr em causa os princípios e objetivos da legibilidade e “baixo” (B) quando a mortalidade é superior a 40% o que implicará elevados custos de manutenção e grande dificuldade de instalação da espécie (cultivar, híbrido) podendo comprometer os objetivos a atingir com a arborização.

O Quadro 5.7 apresenta a classificação da mortalidade atribuída a cada espécie (cultivar, híbrido)¹¹ e permite observar que: *Acer negundo* (2,99% em 9 anos), *Acer pseudoplatanus* (5,29% em 7 anos), *Acer rubrum* “Columnare” (8,93% em 4 anos), *Casuarina equisetifolia* (0% em 4 anos), *Cupressus sempervirens* “Pyramidalis” (6,90% em 4 anos), *Cupressus sempervirens sempervirens* (8,85% em 5 anos), *Eucalyptus globulus* (0% em 4 anos), *Fraxinus angustifolia* (3,96% em 9 anos), *Jacaranda mimosifolia* (5,56% em 4 anos), *Liquidambar styraciflua* (0,83% em 9 anos), *Liriodendron tulipifera* “Fastigiata” (5,24% em 4 anos), *Melia azedarach* (0% em 7 anos), *Metrosideros robusta* (0% em 9 anos), *Pinus pinea* (4,23% em 9 anos), *Populus nigra* (0% em 9 anos), *Prunus serrulata* “Kanzan” (0% em 4 anos), *Quercus robur* (8,60% em 7 anos) e *Tilia cordata* (0% em 9 anos) apresentam baixas taxas de mortalidade anual pertencendo à classe de “elevado”. Por outro lado, *Betula celtiberica* (50,00% em 4 anos), *Robinea pseudoacacia* “Pyramidalis” (53,33% em 7 anos) e *Sorbus aucuparia* (53,39% em 7 anos) apresentam elevadas taxas de mortalidade anual pertencendo à classe “baixo” sendo difícil a sua viabilidade em espaço urbano ao longo das linhas de metro do Porto. Apesar de se apresentarem as percentagens de mortalidade e os números de anos em que ocorreram não poderemos deixar de ressaltar que não foram feitas substituições de árvores pelo que todas as percentagens de mortalidade correspondem às árvores que foram plantadas e não resultantes de substituições.

¹¹ As datas de plantação/obra de espaços verdes para cada espécie (cultivar, híbrido) são apresentadas no Quadro 5.2.

A classificação das espécies (cultivares, híbridos) em termos de stresse e viabilidade determina a vitalidade das árvores. Como referido no capítulo 3, a condição de stresse em que se encontra uma árvore em espaço urbano não pode ser medida diretamente, mas pode ser avaliada através de um conjunto de variáveis diversas, obtidas por observação visual em levantamento de campo: feridas em troncos e colo, descoloração e, ou, crestamento de folhas, *dieback*, inclinação da árvore, presença de fungos e, ou, bactérias, compactação do solo, podas excessivas e, ou, incorretas, ramos e troncos mortos. A avaliação da árvore sob o ponto de vista do parâmetro stresse é definida em função da ausência ou presença destas variáveis e do grau em que estão presentes. A condição de viabilidade das árvores traduz-se em árvores viáveis e árvores inviáveis. Consideraram-se viáveis as que não apresentam sinais de danos mecânicos, pragas, feridas graves e que apresentam verticalidade e folhagem saudável. A classificação das árvores inviáveis corresponde às que se encontravam com danos físicos (cortes e feridas) e infestação de pragas ou as que apresentando declínio se considera ser possível serem sujeitas a tratamentos e recuperação ou que estando muito debilitadas são quase impossíveis de recuperar.

Constata-se que a *Camellia japonica* é a única espécie que apresenta vitalidade “baixa” verificando-se haver dificuldade de adaptação aos fatores ambientais presentes nos locais em que as árvores foram plantadas. *Betula celtiberica*, *Jacaranda mimosifolia* e *Magnolia x soulangeana* apresentam vitalidade “média” manifestando alguma dificuldade de adaptação aos fatores ambientais presentes nos locais de plantação. Já *Acer negundo*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer rubrum* “Columnare”, *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus sempervirens* “Pyramidalis”, *Metrosiderus robusta*, *Pinus pinea*, *Platanus x hispanica*, *Polulus nigra*, *Populus nigra* “Italica”, *Prunus serrulata* “Kanzan”, *Quercus suber*, *Tilia cordata* e *Ulmus procera* apresentam vitalidade “elevada” significando que as árvores destas espécies (cultivares, híbridos) revelaram elevada competência.

Quadro 5.7 Avaliação por espécie (cultivar, híbrido) e classificação da mortalidade e da vitalidade (stresse e viabilidade) (Matosinhos e Maia)

Espécie (cultivar, híbrido)	Avaliação			Classificação														
	% Mortalidade	% Stresse	% Viabilidade	Classes de Mortalidade				Mortalidade	Classes de Stresse				Classes de Viabilidade					Vitalidade
				0-10	10-20	20-40	>40		0-10	10-20	20-40	>40	0-30	30-50	50-70	70-90	>90	
				E	A	M	B		E	A	M	B	B	M	A	A	E	
<i>Acer negundo</i>	2,99	4,48	92,54					E										E
<i>Acer pseudoplatanus</i>	5,29	8,65	86,06					E										E
<i>Acer rubrum</i> "Columnare"	8,93	3,57	87,50					E										E
<i>Betula celtiberica</i>	50,00	8,51	41,49					B										M
<i>Camellia japonica</i>	30,00	70,0	0,00					M										B
<i>Casuarina equisetifolia</i>	0,00	6,20	93,80					E										E
<i>Cupressus sempervirens</i> "Pyramidalis"	6,90	6,90	86,21					E										E
<i>Cupressus sempervirens</i> sempervirens	8,85	13,27	77,88					E										A
<i>Eucalyptus globulus</i>	0,00	25,00	75,00					E										A
<i>Fraxinus angustifolia</i>	3,96	24,75	71,29					E										A
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	5,56	44,44	50,00					E										M
<i>Liquidambar styraciflua</i>	0,83	21,49	77,69					E										A
<i>Liquidambar styraciflua</i> "Lane Roberts"	21,05	26,32	52,63					M										A
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"	5,24	10,47	84,29					E										A
<i>Magnolia x soulangeana</i>	23,23	27,27	49,49					M										M
<i>Melia azedarach</i>	0,00	14,29	85,71					E		1	1							A
<i>Metrosideros robusta</i>	0,00	0,00	100,0					E										E
<i>Pinus pinea</i>	4,23	0,00	95,77					E										E
<i>Platanus x hispanica</i>	13,56	8,47	77,97					A										E
<i>Populus nigra</i>	0,00	0,00	100,0					E										E
<i>Populus nigra</i> "Italica"	17,69	2,72	79,59					A										E
<i>Prunus avium</i> "Plena"	13,98	27,97	58,05					A										A
<i>Prunus serrulata</i> "Kanzan"	0,00	0,00	100,0					E										E
<i>Quercus robur</i>	8,60	17,20	74,19					E										A
<i>Quercus suber</i>	28,57	0,00	71,43					M										E
<i>Robinea pseudoacacia</i> "Pyramidalis"	53,33	6,67	40,00					B										A
<i>Sorbus aucuparia</i>	53,39	14,34	32,27					B										A
<i>Tilia cordata</i>	0,00	0,00	100,0					E										E
<i>Ulmus procera</i>	21,05	8,77	70,18					M										E

B - "baixo"; M - "médio"; E - "elevado"

5.3.3 Resultados

Os parâmetros para a definição dos ICICA por espécie (cultivar, híbrido) são os acréscimos médios anuais (pap e altura), a mortalidade e a vitalidade em função das classificações apresentadas em 5.3.1 e 5.3.2.

Sendo 4 os parâmetros a considerar na definição dos ICICA optou-se por atribuir um número (1 a 4) às classificações de “elevado”, “alto”, “médio” e “baixo” de cada parâmetro (Quadro 5.8).

Quadro 5.8 Atribuição de um número às classificações dos parâmetros

Classificações dos parâmetros	Número
E	4
A	3
M	2
B	1

A média aritmética simples dos parâmetros para cada espécie (cultivar, híbrido) permite a reconversão numa nova classificação a considerar para os ICICA. Tendo por base os valores das médias obtidas definiram-se intervalos de valores que permitiram transformar novamente a classificação numérica em Indicadores elevados, altos, médios e baixos e que se encontram indicados no Quadro 5.9.

Quadro 5.9 Intervalos estabelecidos para reconversão em classificação dos ICICA

Intervalos resultantes da Média dos parâmetros considerados para os ICICA	Classificação a atribuir aos ICICA
<u>3,0</u> – 4,0	E
<u>2,5</u> – 3,0	A
<u>2,0</u> – 2,5	M
<u>1,0</u> – 2,0	B

O Quadro 5.10 apresenta as classificações das diferentes espécies (cultivares, híbridos) relativas aos ICICA. Considerou-se, no entanto, que mortalidades muito elevadas são fortemente condicionadoras do sucesso da instalação das espécies (cultivares, híbridos) pelo que mortalidade com classificação "baixa" de uma espécie (cultivar, híbrido) é considerada um fator dominante e, conseqüentemente, essa espécie obtém sempre uma classificação de "baixa" e por isso estão sombreadas a cinzento-escuro.

As espécies (cultivares, híbridos) que apresentam ICICA elevado são: *Acer negundo*, *Acer rubrum* "Columnare", *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus sempervirens*, *Pinus pinea*, *Populus nigra*, *Populus nigra* "Italica" e *Prunus serrulata* "Kazan" correspondendo a árvores de grande interesse para espaço urbano porque enquanto elementos constituintes de corredores verdes asseguram continuidade, conectividade, densidade, limites e como elementos individuais textura, volume, opacidade, transparência num curto espaço de tempo.

Com indicadores de ICICA alto tem-se: *Acer pseudoplatanus*, *Cupressus sempervirens* "Pyramidalis", *Eucalyptus globulus*, *Liquidambar styraciflua*, *Liriodendron tulipifera* "Fastigiata", *Metrosideros robusta*, *Platanus x hispanica*, *Quercus suber* e *Tilia cordata*.

Quadro 5.10.Cálculo dos Indicadores da Capacidade de Instalação e Crescimento das Árvores – ICICA (Maia e Matosinhos)

Espécie/ cultivar/ híbrido	> pap	> Alt	Vitalidade	Mortalidade	ICICA	
<i>Acer negundo</i>	E	M	E	E	E	3,5
<i>Acer pseudoplatanus</i>	B	B	E	E	A	2,5
<i>Acer rubrum</i> “Columnare”	E	E	E	E	E	4,00
<i>Betula celtiberica</i>	E	E	M	B	B	2,75
<i>Camellia japonica</i>	B	B	B	M	B	1,25
<i>Casuarina equisetifolia</i>	E	M	E	E	E	3,50
<i>Cupressus sempervirens</i> “Pyramidalis”	M	B	E	E	A	2,75
<i>Cupressus sempervirens</i> <i>sempervirens</i>	E	E	A	E	E	3,75
<i>Eucalyptus globulus</i>	M	M	A	E	A	2,75
<i>Fraxinus angustifolia</i>	B	B	A	E	M	2,25
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	B	B	M	E	M	2,00
<i>Liquidambar styraciflua</i>	M	M	A	E	A	2,75
<i>Liquidambar styraciflua</i> “Lane Roberts”	B	B	A	M	M	2,00
<i>Liriodendron tulipifera</i> “Fastigiata”	B	M	A	E	A	2,50
<i>Magnolia x soulangeana</i>	B	M	M	M	B	1,75
<i>Melia x azedarach</i>	B	B	A	E	M	2,25
<i>Metrosideros robusta</i>	B	B	E	E	A	2,50
<i>Pinus pinea</i>	E	M	E	E	E	3,50
<i>Platanus x hispanica</i>	M	M	E	A	A	2,75
<i>Populus nigra</i>	M	M	E	E	E	3,00
<i>Populus nigra</i> “Italica”	E	E	E	A	E	3,75
<i>Prunus avium</i> “Plena”	B	B	A	A	M	2,00
<i>Prunus serrulata</i> “Kazan”	M	M	E	E	E	3,00
<i>Quercus robur</i>	B	B	A	E	M	2,25
<i>Quercus suber</i>	M	M	E	M	A	2,50
<i>Robinea pseudoacacia</i> “Pyramidalis”	M	M	A	B	B	2,00
<i>Sorbus aucuparia</i>	B	E	A	B	B	2,25
<i>Tilia cordata</i>	B	M	E	E	A	2,75
<i>Ulmus procera</i>	M	B	E	M	M	2,25

B - “baixo”; M – “médio”; E - “elevado”

5.4 INDICADORES DE DESEMPENHO DAS ÁRVORES/2ª avaliação

O objetivo da 2ª avaliação é o de obter indicadores que fornecem informação sobre o crescimento das árvores em função dos fatores presentes no espaço urbano e de como variações nestes fatores podem implicar alterações nos crescimentos com maior ou menor significado (Figura 5.7). Como se referiu no capítulo 3, o crescimento de uma árvore depende de um conjunto vasto de fatores podendo-se referir características genéticas próprias de cada indivíduo, temperatura, humidade relativa, disponibilidade de água no solo, radiação, características do solo e volume disponível de solo. A conjugação de todos esses elementos traduz-se em maiores ou menores acréscimos médios anuais das árvores.

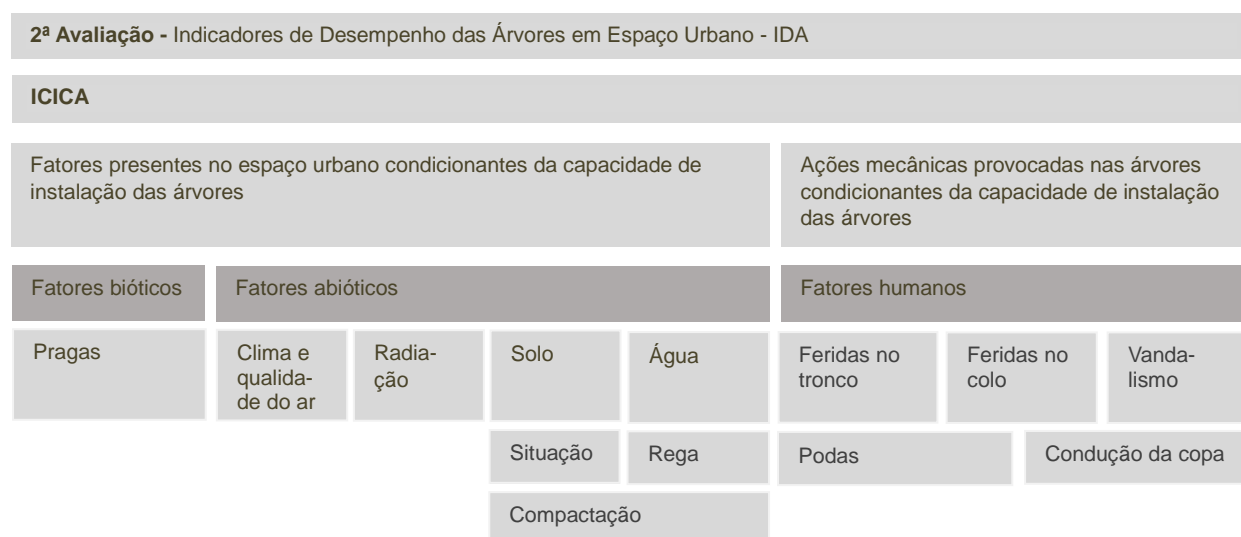


Figura 5.7 Metodologia da 2ª avaliação. Indicador de Desempenho das Árvores

A obtenção de IDA em espaço urbano vai permitir conhecer a capacidade das espécies (cultivares, híbridos) se desenvolverem perante os fatores bióticos, abióticos e fatores humanos presentes no espaço urbano.

Para a determinação dos IDA são considerados fatores abióticos, clima, qualidade do ar, radiação, solos, disponibilidades hídricas, e fatores bióticos que compreendem apenas a presença de pragas nas árvores. Dada a dificuldade em se proceder a avaliações quantitativas sobre os fatores clima e qualidade do ar no desenvolvimento das árvores, procedeu-se a uma apreciação qualitativa sobre a resistência das árvores ao clima (temperatura e precipitação) e à composição da atmosfera da AMP no que diz respeito aos principais gases poluentes e partículas em emissão (Anexo C). As ações mecânicas

provocadas pelo homem, tais como feridas no tronco e colo, condução da forma da árvore, podas e vandalismo por poderem afetar os acréscimos médios anuais das árvores de pap e altura são contempladas enquanto fatores humanos.

Em relação à avaliação dos fatores, uns serão avaliados estatisticamente por análise de variância tendo por base as medições realizadas sobre as árvores, e outros por avaliação quantitativa por se revelar difícil individualizar o fator em análise, como é o caso das pragas que geralmente resultam de condição de fragilidade da árvore causada por podas, cortes no colo, feridas, poluentes, condições de solo e qualidade do ar, e não exclusivamente do fator biótico. Também o fator clima e qualidade do ar são avaliados quantitativamente pois não é possível identificar e separar os poluentes, vento e temperatura dos restantes fatores presentes no espaço urbano, individualizando a influência que estes elementos possam ter no crescimento das árvores (Anexo C).

5.4.1 Solo

No espaço urbano, os solos são profundamente alterados pelas ações que o homem introduz. No caso específico do metro do Porto em que ocorreram processos construtivos recentes reclamando a construção de aterros e escavações, os solos apresentam os estratos alterados, misturados, com composição química e orgânica diversificada podendo ser pouco adequados à plantação de árvores. Quando foram feitas as plantações, houve lugar a substituições de solos (terras vegetais fornecidas do exterior), realizadas adubações, correções e melhorada a drenagem (descompactação) das covas das árvores de acordo com informação fornecida pelos técnicos da Metro do Porto, S.A. responsáveis pelo acompanhamento das obras de construção de espaços verdes.

As árvores plantadas encontram-se em situação muito semelhante quanto à composição e textura de solos. As condições técnicas dos Projetos de Integração Paisagística que presidiram à execução da obra são muito semelhantes. A execução das covas de plantação, embora realizadas por empreiteiros distintos, obedeceu a essas condições sendo acompanhadas pela Fiscalização em fase de instalação e, em fase de pós-instalação, foram asseguradas regas, fertilizações e adubações. Perante isto, considerou-se não haver condições para diferenciar o desempenho das espécies (cultivares, híbridos) em

função da composição ou textura dos solos pelo que não se consideraram estes fatores como origens de variação do crescimento das árvores.

No entanto entendeu-se não se dever prescindir da avaliação da influência do fator edáfico no crescimento das árvores jovens, pelo que se optou por considerar os seguintes parâmetros avaliados por observação visual: a) Situação de plantação (caldeira, trincheira, terreno) - permite verificar a influência do volume disponível de solo para o desenvolvimento do sistema radicular de modo direto; e b) Compactação (compactado/não compactado) - permite verificar o desenvolvimento radicular face à resistência que o solo oferece, inferindo-se também sobre a estrutura e condições de arejamento.

Estes parâmetros foram selecionados tendo por base os seguintes critérios: (a) representatividade no espaço urbano; (b) abrangência do maior número de espécies; e (c) viabilidade de aplicação ao caso de estudo.

As árvores situadas em terreno correspondem às que se encontram plantadas em jardins, parques, rotundas ou espaços verdes de enquadramento, ou seja, em áreas relativamente extensas que não apresentam condicionantes ao crescimento da raiz para além da densidade de plantação. As árvores situadas em caldeira são as que se encontram plantadas em áreas compartimentadas, podendo ter várias configurações (quadrado, círculo ou retângulo) e com volume de solo reduzido (áreas nunca superiores a 4m²). Verificou-se que a caldeira que frequentemente se encontra ao longo das linhas do metro do Porto tem em média 1,0m² de área. A situação mais frequente em arruamentos e estacionamentos é a caldeira e os compassos de plantação estão compreendidos entre 8,0 e 12,5m. Uma trincheira corresponde a um canteiro longitudinal, de um modo geral relvado, no caso do metro do Porto, ao longo da linha de metro ou passeio com uma largura não superior a 2,5m em que os compassos de plantação estão compreendidos também entre 8,0 e 12,5m.

Para além das questões do volume para o desenvolvimento das raízes, a situação de plantação permite-nos ainda saber:

- Trincheiras e terreno: correspondem a locais onde as árvores geralmente têm maior fornecimento de água e nutrientes porque a maioria das áreas têm redes de rega automáticas por aspersão e pulverização associadas a relvados ou prados regados. São áreas com adubações mais intensas associadas às operações de manutenção dos relvados tal como escarificações para descompactação uma a duas vezes por ano. Nestes locais também se faz menor remoção da folhada durante o Outono permitindo a incorporação de matéria orgânica oferecendo maior capacidade de retenção de água no solo. Correspondem

a zonas menos sujeitas a contaminação de águas poluídas por estarem menos sujeitas a receber águas provenientes das drenagens de águas pluviais de vias e estacionamento.

- Caldeiras: locais com menores suprimentos de água durante os meses estivais porque não têm redes de rega associadas sendo as regas pontuais e realizadas por mangueira. As adubações associadas às operações de manutenção são específicas para as árvores. Dada a sua localização têm maior possibilidade de receber águas contaminadas provenientes de passeios, estradas e edifícios quando de ocorrência de águas pluviais. Também as árvores situadas em caldeiras são mais sujeitas a pisoteio apresentando maior compactação. Os volumes de terra para o desenvolvimento das raízes são muito restritos.

Através da análise do Quadro 5.11 verifica-se que os acréscimos médios anuais de pap e de altura são menores quando as árvores estão em situação de terreno, ou seja quando em jardins, parques, taludes, espaços verdes de enquadramento e rotundas. Os valores revelam maiores acréscimos médios de altura quando situadas em caldeiras e de pap quando em trincheira. Ressalta-se que a diferença de valores entre cada uma das situações é da ordem dos 0,4 cm por ano para o pap e de 10,0 cm por ano em média para a altura.

Quadro 5.11 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da situação de plantação

Situação de plantação	Número de árvores avaliadas	Acréscimos de pap em cm	Relação Estatística	Acréscimos de altura em m	Relação Estatística
Terreno	231	2,21745	a	0,36341	a
Caldeira	362	2,45521	a	<u>0,55374</u>	b
Trincheira	244	<u>2,80566</u>	b	0,49131	b

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Analisando-se os acréscimos médios anuais de pap e altura verifica-se haver só 6 espécies, (cultivares, híbridos) (Figura 5.8) que se encontram nas três situações podendo os dados não ser tão representativos quanto se pretendia. *Acer pseudoplatanus*, *Casuarina equisetifolia*, *Magnolia x soulangeana* e *Platanus x hispanica* apresentam melhor desempenho em situação em caldeira e *Liriodendron tulipifera* “Fastigiata” e *Prunus avium* “Plena” em situação em terreno.

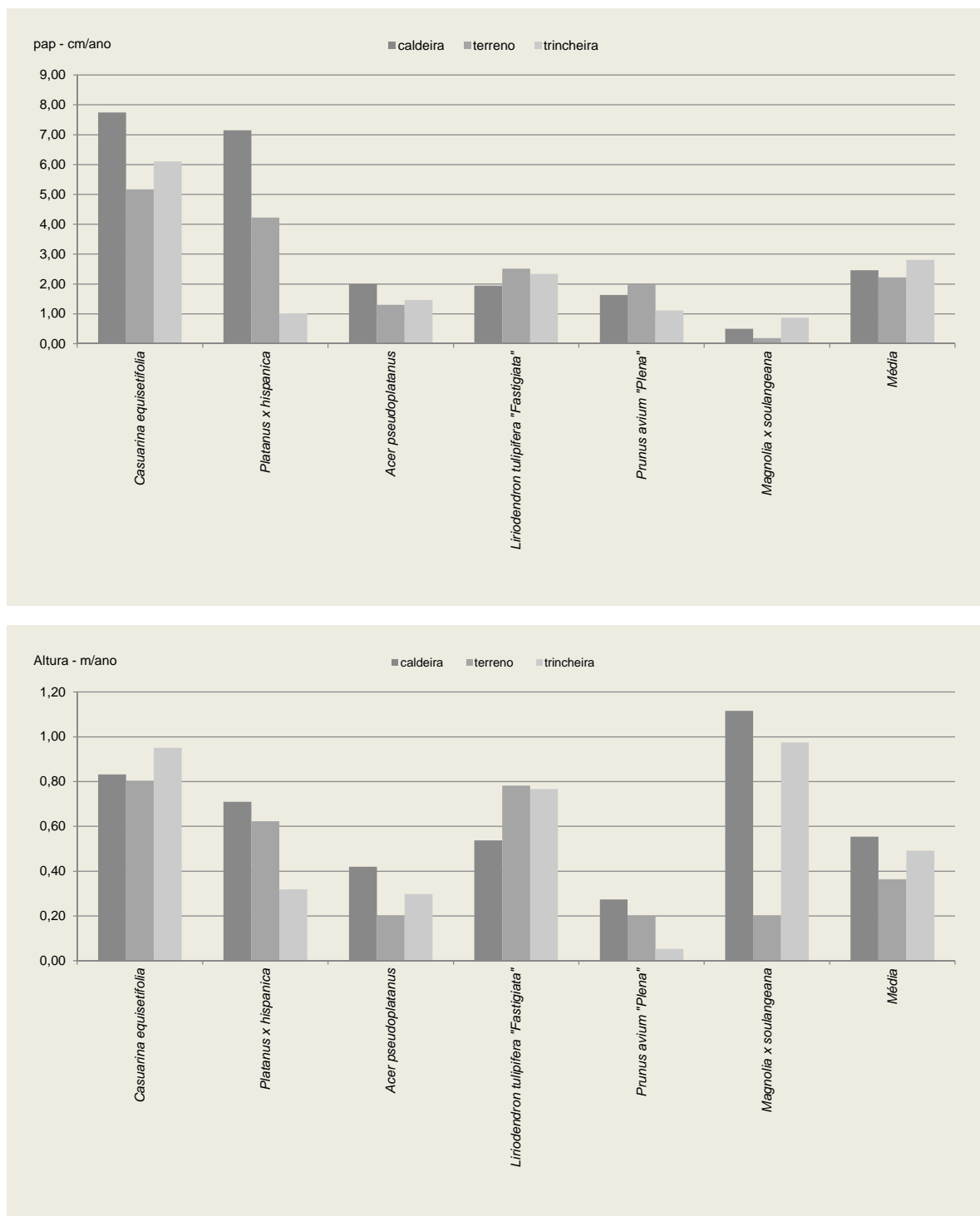


Figura 5.8 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar, híbrido) em função da situação de plantação

Como já foi referido quando relacionadas as três situações de plantação apenas foi possível obter um número restrito de espécies (cultivares, híbridos) pois não existiam todas as espécies (cultivares, híbridos) nas três situações assim, optou-se por excluir na análise de variância a situação de trincheira, onde o número de árvores é menor, passando-se a contemplar apenas as situações de caldeira e terreno.

Na análise do quadro 5.12 verifica-se que, as duas situações de plantação interferem nos acréscimos médios anuais de pap de forma diferente, sendo que na situação de terreno esses acréscimos são maiores. Relativamente aos acréscimos em altura, apesar de também na situação de terreno os acréscimos serem superiores, as duas situações já não se mostraram estatisticamente diferentes. Esta análise revelou resultados contrários da situação anterior (figura 5.8) em que, em média, as maiores diferenças se verificaram nos acréscimos médios anuais de altura e não em pap e as árvores em situação de caldeira tiveram maiores acréscimos quer de altura quer de pap, o que se pode dever à referida falta de representatividade da amostragem. O melhor desempenho médio demonstrado na análise do quadro 5.12 pela situação de terreno considera-se ser mais coerente com as necessidades efetivas das árvores dado disporem de maior volume de solo, nutrientes e água para o seu desenvolvimento.

Na análise da situação de plantação em que se relaciona caldeira e terreno tem-se uma amostragem de 1036 árvores correspondente a 53,8% do total das árvores levantadas, podendo-se ter melhor perceção dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da situação de plantação.

Quadro 5.12 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da situação de plantação: caldeira e terreno

Situação de plantação	Número de árvores avaliadas	Acréscimos de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos de altura em m	Relação estatística
Caldeira	570	3,16643	a	0,74904	a
Terreno	466	<u>4,81974</u>	b	<u>0,84306</u>	a

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Verifica-se (Figura 5.9) que *Casuarina equisetifolia* continua a ser das espécies que apresenta acréscimos médios anuais mais elevados de pap e altura mas *Populus nigra* “Italica” e *Betula celtiberica* obtêm valores de acréscimos médios anuais de pap na ordem dos dois dígitos ultrapassando 1,5 m para a altura manifestando grande preferência pela situação de terreno. *Acer pseudoplatanus*, *Casuarina equisetifolia*, *Fraxinus angustifolia*, *Liquidambar styraciflua* e *Platanus x hispanica* obtêm acréscimos médios anuais de pap

mais elevados quando plantados em caldeira demonstrando ser árvores que se conseguem instalar e crescer em pequenos volumes de solo, relativamente aos acréscimos médios anuais em altura com exceção do *Liquidambar styraciflua* aparentemente não há diferenças assinaláveis entre as duas situações de plantação. Existem outras árvores cujo desempenho é melhor quando em situação de plantação em terreno, demonstrando terem necessidades de elevados volumes de solo para se instalar e desenvolver o seu sistema radicular sendo o caso de *Liriodendron tulipifera* “Fastigiata” *Populus nigra*, *Populus nigra* “Italica”, *Melia azedarach* e *Tilia cordata*.

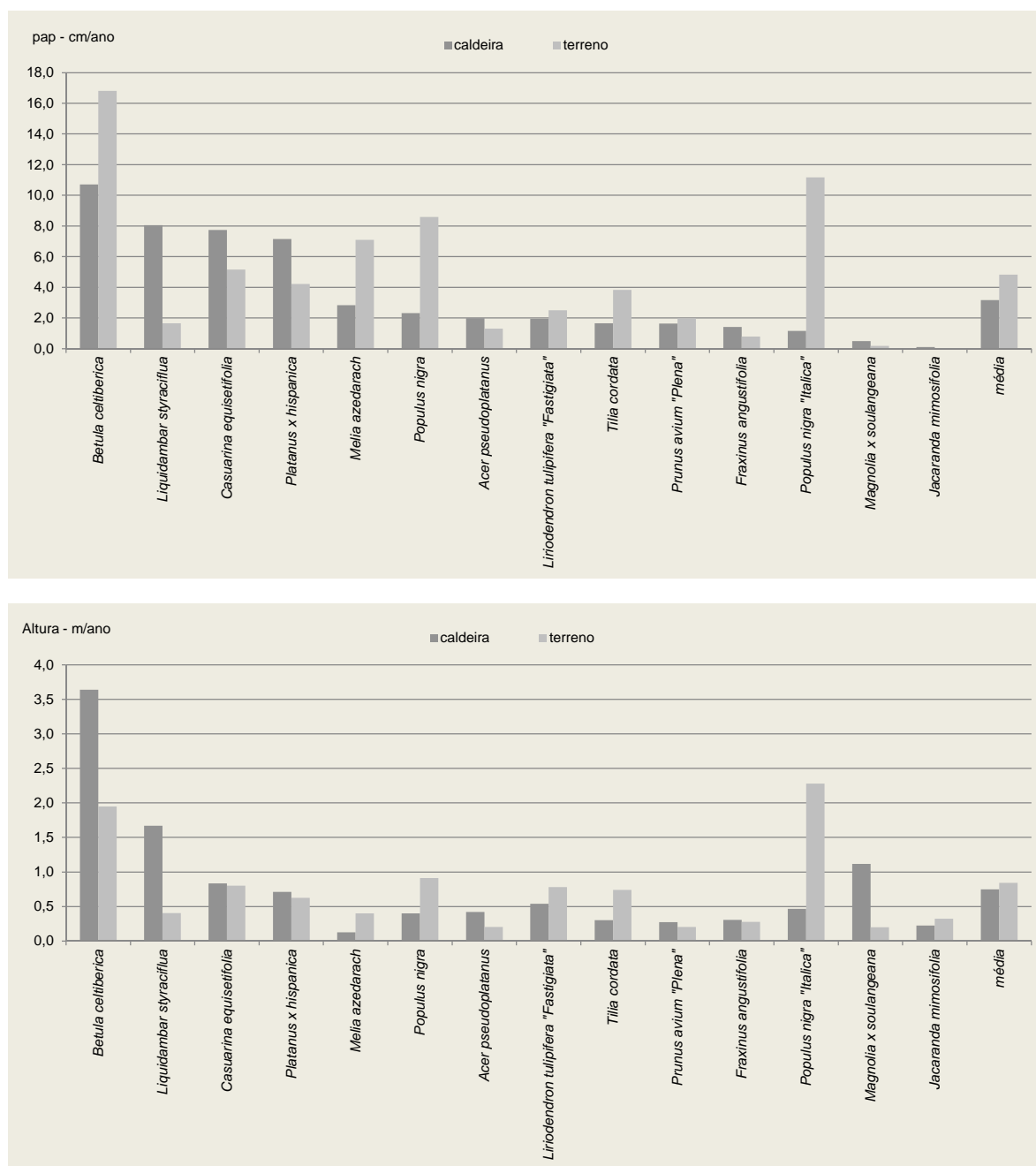


Figura 5.9 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da situação – caldeira, terreno.

Árvores com comportamentos indistintos quer para o pap quer para a altura são: *Jacaranda mimosifolia* e *Prunus avium* “Plena” que demonstram não terem preferência por nenhuma situação de plantação.

A análise de variância que relaciona situações de plantação em terreno e trincheira com as espécies (cultivares, híbridos) revelou não existirem diferenças significativas entre estas duas situações de plantação apesar de existirem maiores acréscimos médios anuais de pap e de altura em situações de terreno concluindo-se que as árvores beneficiam de um maior volume de solos para desenvolvimento de raízes (Quadro 5.13).

Quadro 5.13 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da situação de plantação: trincheira e terreno

Situação de plantação	Número de árvores avaliadas	Acréscimos de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos de altura em m	Relação estatística
Trincheira	282	2,71138	a	0,50103	a
Terreno	429	<u>3,12603</u>	a	<u>0,56423</u>	a

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Foi possível obter uma amostragem de 711 árvores e 10 espécies (cultivares, híbridos) verificando-se que apenas *Acer pseudoplatanus*, *Cupressus sempervirens*, *Casuarinas equisetifolia* e *Magnolia x soulangeana* preferem a situação de trincheira tendo todas as restantes espécies (cultivares, híbridos) preferência por terreno (Figura 5.10). De referir que a *Magnolia x soulangeana* é na situação de trincheira que apresenta um desempenho muito assinalável relativamente aos acréscimos médios anuais em altura.

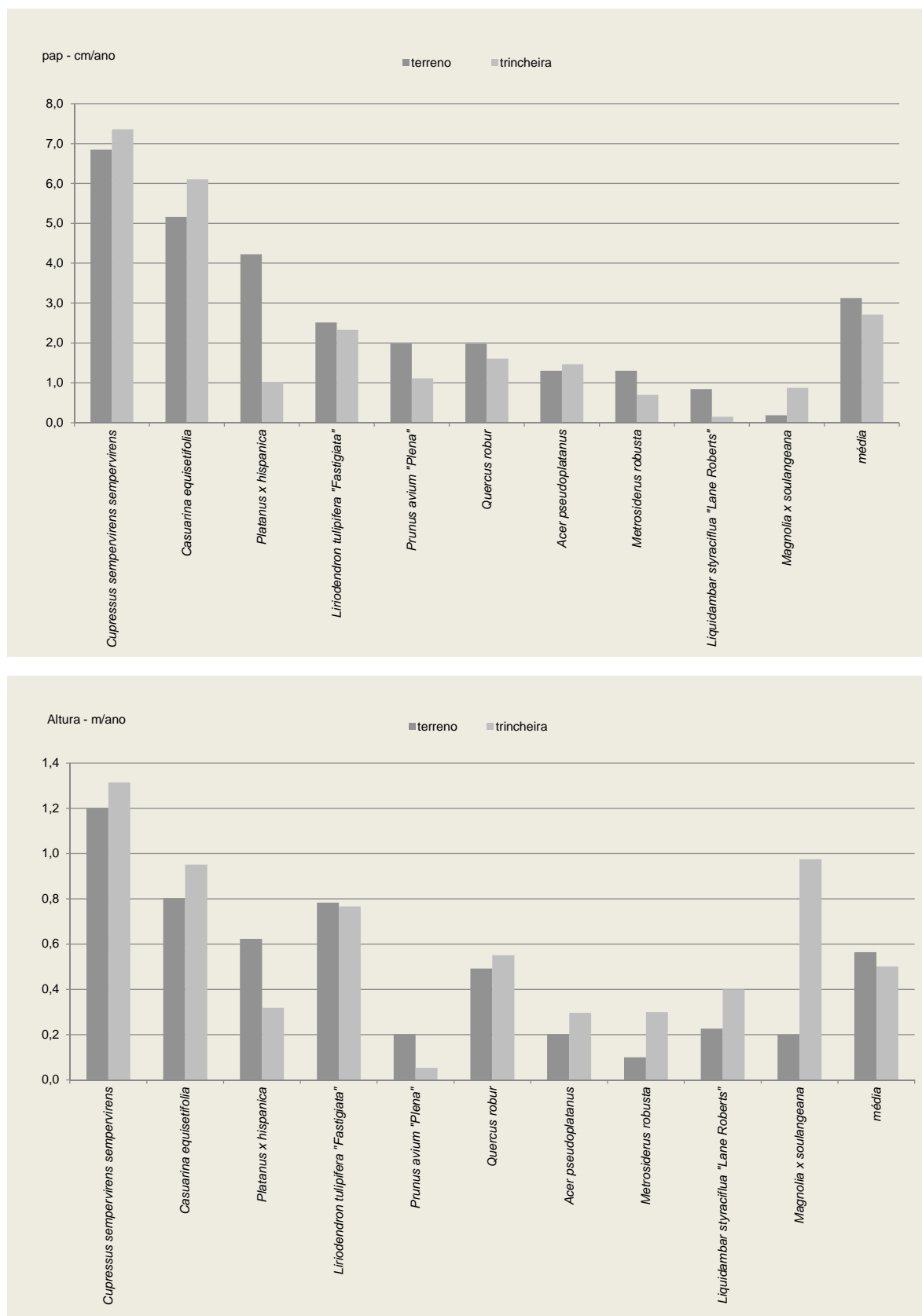


Figura 5.10 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da situação – terreno, trincheira.

O Quadro 5.14 apresenta a classificação dos acréscimos médios anuais de pap e altura para as diferentes situações de plantação, aplicando-se também as classificações de “elevado”, “médio” e “baixo” de acordo com os intervalos de crescimento já estabelecidos anteriormente. As linhas do quadro que se encontram sombreadas refletem as espécies (cultivar, híbrido) com melhores desempenhos em determinada situação de plantação.

Quadro 5.14 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função da situação de plantação

Espécie (cultivar, híbrido) e situações de plantação	>pap Caldeira / Trincheira / Terreno		>Altura Caldeira / Trincheira / Terreno		>Pap Caldeira / Terreno		>Altura Caldeira / Terreno		>pap Terreno / Trincheira		>Altura Terreno / Trincheira		CLASSIFICAÇÃO FINAL
	cm/ano		m/ano		cm/ano		m/ano		cm/ano		m/ano		
<i>Acer pseudoplatanus</i>													
Caldeira	1,9935	B	0,4203	B	1,9935	B	0,4203	B					B
Trincheira	1,4643	B	0,2968	B					1,4643	B	0,2968	B	B
Terreno	1,3000	B	0,2015	B	1,3000	B	0,2015	B	1,3000	B	0,2015	B	B
<i>Betula celtiberica</i>													
Caldeira					10,709	E	3,6424	E					E
Trincheira													
Terreno					16,816	E	1,9486	E					E
<i>Casuarina equisetifolia</i>													
Caldeira	7,7432	E	0,8324	M	7,7432	E	0,8324	M					E
Trincheira	6,1022	E	0,9508	M					6,1022	E	0,9508	M	E
Terreno	5,1647	M	0,8032	M	5,1647	M	0,8032	M	5,1647	M	0,8032	M	M
<i>Cupressus sempervirens sempervirens</i>													E
Caldeira													
Trincheira									7,3571	E	1,3143	E	E
Terreno									6,8485	E	1,2004	E	E
<i>Fraxinus angustifolia</i>													
Caldeira					1,4145	B	0,3048	B					B
Trincheira													
Terreno					0,7929	B	0,2786	B					B
<i>Jacaranda mimosifolia</i>													
Caldeira					0,1125	B	0,2250	B					B
Trincheira													
Terreno					0,0000	B	0,3222	B					B
<i>Liquidambar styraciflua</i>													
Caldeira					8,0500	E	1,6714	E					E
Trincheira													
Terreno					1,6648	B	0,4042	B					B
<i>Liquidambar styraciflua</i> “Lane Roberts”													
Caldeira													
Trincheira									0,1500	B	0,4000	B	B
Terreno									0,8400	B	0,2258	B	B
<i>Liriodendron tulipifera</i> “Fastigiata”													
Caldeira	1,9426	B	0,5374	M	1,9426	B	0,5374	M					M
Trincheira	2,3333	B	0,7667	M					2,3333	B	0,7667	M	M
Terreno	2,5130	B	0,7826	M	2,5130	B	0,7826	M	2,5130	B	0,7826	M	M

B - “baixo”; M – “médio”; E - “elevado”

Quadro 5.14 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função da situação de plantação (Continuação)

Espécie (cultivar, híbrido) e situações de plantação	>pap Caldeira/Trincheira/Terreno		>Altura Caldeira/Trincheira/Terreno		>Pap Caldeira / Terreno		>Altura Caldeira / Terreno		>pap Terreno / Trincheira		>Altura Terreno / Trincheira		CLASSIFICAÇÃO FINAL
<i>Magnolia x soulangeana</i>													
Caldeira	0,5027	B	1,1162	E	0,5027	B	1,1162	E					M
Trincheira	0,8750	B	0,9750	M					0,8750	B	0,9750	M	M
Terreno	0,1886	B	0,2000	B	0,1886	B	0,2000	B	0,1886	B	0,2000	B	B
<i>Melia x azedarach</i>													
Caldeira					2,8407	B	0,1259	B					B
Trincheira													
Terreno					7,1000	E	0,4000	B					M
<i>Metrosiderus robusta</i>													
Caldeira													
Trincheira									0,7000	B	0,3000	B	B
Terreno									1,3000	B	0,1000	B	B
<i>Platanus x hispanica</i>													
Caldeira	7,1500	E	0,7100	M	7,1500	E	0,7100	M					E
Trincheira	1,0182	B	0,3182	B					1,0182	B	0,3182	B	B
Terreno	4,2233	M	0,6233	M	4,2233	M	0,6233	M	4,2233	M	0,6233	M	M
<i>Populus nigra</i>													
Caldeira					2,3167	B	0,4000	B					B
Trincheira													
Terreno					8,5833	E	0,9125	M					E
<i>Populus nigra</i> "Itálica"													
Caldeira					1,1667	B	0,4667	B					B
Trincheira													
Terreno					11,161	E	2,0278	E					E
<i>Prunus avium</i> "Plena"													
Caldeira	1,6306	B	0,2741	B	1,6306	B	0,2741	B					B
Trincheira	1,1158	B	0,0526	B					1,1158	B	0,0526	B	B
Terreno	1,9867	B	0,2015	B	1,9867	B	0,2015	B	1,9867	B	0,2015	B	B
<i>Quercus robur</i>													
Caldeira													
Trincheira									1,6030	B	0,5510	M	M
Terreno									1,9765	B	0,4920	B	B
<i>Tilia cordata</i>													
Caldeira					1,6500	B	0,3000	B					B
Trincheira													
Terreno					3,8400	M	0,7400	M					M

B - "baixo"; M - "médio"; E - "elevado"

Quanto à situação de plantação pode-se concluir que das 29 espécies (cultivares, híbridos) foi possível relacionar 18 (62%) tendo-se verificado que:

1. a situação de plantação influencia os acréscimos médios anuais nas árvores jovens em espaço urbano pois para as diferentes espécies (cultivares, híbridos) obtêm-se acréscimos médios anuais distintos de acordo com as situações;
2. em 6 espécies (cultivares, híbridos) não se verifica um melhor desempenho da espécie relacionável com um determinado tipo de situação pois ocorrem maiores acréscimos médios anuais de pap numa situação e de altura noutra situação, como acontece em *Betula celtiberica*, *Jacaranda mimosifolia*, *Metrosiderus robusta*, *Liquidambar styraciflua* "Lane Roberts", *Prunus avium* "Plena" e *Quercus robur*.
3. em 7 das 18 espécies (cultivares, híbridos) verifica-se um melhor desempenho da

espécie em espaços de trincheira ou terreno, ou seja, espaços com capacidade para reter mais humidade, sujeitos a menor compactação, receber maior quantidade de nutrientes, com menor quantidade de águas poluentes e necessitam de maiores volumes disponíveis para o desenvolvimento das raízes.

4. em 5 das 18 espécies (cultivares, híbridos) verifica-se um melhor desempenho da espécie em espaços de caldeira pelo que se poderá dizer serem mais tolerantes a défices hídricos e menores teores de matéria orgânica necessitando de alguma resistência do solo para procederem ao seu crescimento com pequenos volumes de solo como é o caso de *Acer pseudoplatanus*, *Casuarina equisetifolia*, *Fraxinus angustifolia*, *Liquidambar styraciflua* e *Platanus x hispanica*.
5. verificam-se diferenças quanto aos acréscimos médios anuais em diferentes situações de plantações entre espécie e cultivares. *Liquidambar styraciflua* revela melhor desempenho em caldeira e *Liquidambar styraciflua* “Lane Roberts” não apresenta preferência definida. Quanto a *Populus nigra* e *Populus nigra* “italica” ambos apresentam melhores desempenhos em terreno mas os acréscimos médios anuais são superiores no cultivar relativamente à espécie.

Ressalva-se o facto de se estar a analisar árvores recentemente plantadas e que ainda apresentam um sistema radicular relativamente pequeno. No entanto, já se verificam tendências para maiores acréscimos anuais de pap e altura para as diferentes situações de plantação. A situação em que se encontram plantadas as árvores não pode ser analisada de forma independente da compactação pois o local em que as árvores estão plantadas implica necessariamente maiores ou menores probabilidades de haver solos mais ou menos compactados como se tem vindo a referir, tendo as árvores maiores ou menores dificuldades em terem acesso a nutrientes e oxigenação, tal como circulação da água, aspetos importantes para assegurar os processos bioquímicos que as plantas têm que realizar.

Sendo assim, procedeu-se também a uma análise do fator compactação do solo para as diferentes espécies (cultivares, híbridos).

5.4.2 Compactação do Solo

Para o estudo do fator compactação do solo obteve-se uma amostragem de 1300 árvores, correspondendo a cerca de 67,5% do total das árvores levantadas (anexo B). Do total da amostra apenas 22,7% das árvores se encontram a crescer em situações de solos compactados o que significa que as árvores situadas ao longo das linhas de Matosinhos e Maia estão, na sua maioria, a desenvolver-se em condições de solos não compactados.

Da análise de variância efetuada verifica-se que existem diferenças significativas nos acréscimos médios anuais de pap e altura entre solos compactados e não compactados sendo que estes últimos permitem maiores acréscimos médios anuais de pap e altura das árvores do que solos compactados, sendo os valores obtidos para os acréscimos médios da altura quase o dobro, verificando-se ser este um fator condicionador do crescimento das espécies (cultivares, híbridos) em espaço urbano (Quadro 5.15 e Figura 5.11).

Quadro 5.15 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da compactação do solo

Compactação do solo	Número de árvores avaliadas	Acréscimos de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos de altura em m	Relação Estatística
Solo compactado	295	2,302	a	0,418	a
Solo não compactado	1005	<u>3,488</u>	b	<u>0,823</u>	b

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

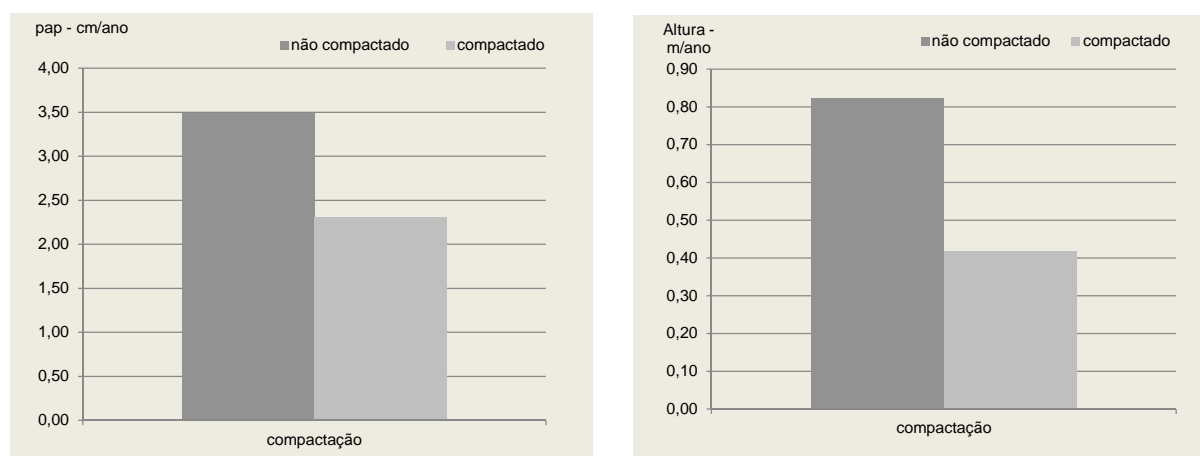


Figura 5.11 Acréscimo médio anual de pap e altura em solos compactados e não compactados

Os solos das caldeiras e trincheiras, regra geral, apresentam-se mais compactados, com volume de solo reduzido, são mais sujeitos a pisoteio, e têm pior estrutura, tal como são mais difíceis de trabalhar quando das operações de manutenção, pelo que se considerou provável que, mesmo perante situações de árvores jovens se verificassem acréscimos médios mais reduzidos nas árvores que estivessem em caldeira ou trincheira do que as colocadas em terreno.

Pretendendo-se verificar a relação entre a compactação do solo, a situação da plantação da árvore e os acréscimos médios anuais de pap e altura realizou-se uma análise de variância considerando as situações de plantação em caldeira, trincheira e terreno com e sem compactação. O Quadro 5.16 e a Figura 5.12 e mostram que para todas as situações contempladas existem diferenças estatisticamente significativas sendo os maiores acréscimos médios anuais de pap e altura obtidos em situação de terreno não compactado, o que se pode dever a vários aspetos, tais como: maior disponibilidade de solo, água, oxigénio, nutrientes, volume de solo e melhor estrutura do solo. Quanto às situações em caldeira e trincheira verificam-se menores acréscimos médios anuais de pap e altura em qualquer uma das situações, sendo a situação em trincheira a que apresenta os menores acréscimos médios anuais de pap e altura.

Quadro 5.16 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da compactação do solo e situação

Compactação do solo	Número de árvores avaliadas	Acréscimos de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos de altura em m	Relação Estatística
Solo não compactado					
trincheira	300	2,8550	a	0,4918	a
caldeira	394	4,5965	b	<u>0,9697</u>	b
terreno	917	<u>5,3234</u>	c	<u>0,9841</u>	c
Solo compactado					
trincheira	5	0,9000	a	0,0600	a
caldeira	290	2,4672	b	0,4391	b
terreno	15	0,9866	c	0,1733	c

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

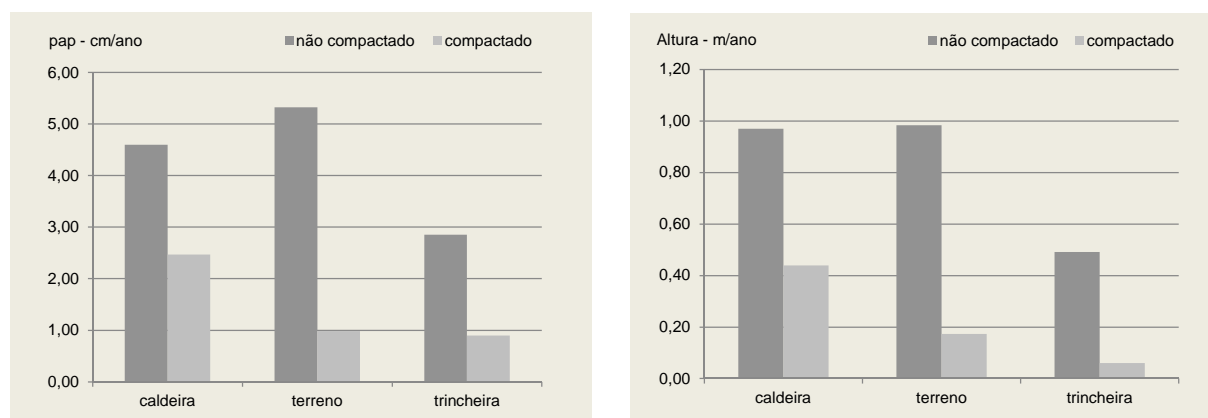


Figura 5.12 Acréscimo médio anual de pap e altura em solos compactados e não compactados para as situações de plantação de caldeira, terreno e trincheira

Em relação à situação de plantação verifica-se que, para qualquer situação, os acréscimos médios anuais de pap e altura são sempre inferiores em solos compactados sendo a compactação um fator limitante do crescimento das árvores em espaço urbano. Sendo que a presença de solos compactados implica menores acréscimos médios anuais em todas as situações de plantação, a menor diferença relativa de valores entre acréscimos médios anuais com e sem compactação obtida nas caldeiras, pode-se dever a que mesmo nas situações de caldeira não compactada nunca se consegue ter condições de solo favoráveis ao desenvolvimento de raízes e crescimento das árvores (Figura 5.12)

Segue-se a avaliação dos acréscimos médios anuais por espécie (cultivar, híbrido) em função do fator compactação com o objetivo de avaliar a maior ou menor facilidade com que as raízes das espécies (cultivares, híbridos) conseguem penetrar nos solos e a sua tolerância a condições de maior ou menor aerobiose e stresse hídrico. Face à amostragem disponível foi possível estabelecer relações entre 16 espécies (cultivares, híbridos) que se encontram em condições de solos compactados e não compactados (Anexo D).

A Figura 5.13 permite observar que algumas árvores apresentam maiores acréscimos médios anuais de pap e altura quando na presença de solos compactados sendo o caso de *Fraxinus angustifolia*, *Jacaranda mimosifolia*, *Platanus x hispanica* e *Ulmus procera*. Outras apresentam grande sensibilidade à compactação tendo grandes reduções nos acréscimos médios anuais de pap e altura quando na presença de solos compactados, sendo o caso de *Acer pseudoplatanus*, *Melia azedarach*, *Liquidambar styraciflua*, *Liquidambar styraciflua* "Lane Roberts", *Populus nigra*, *Populus nigra* "Italica", *Tilia cordata* e *Sorbus aucuparia*.

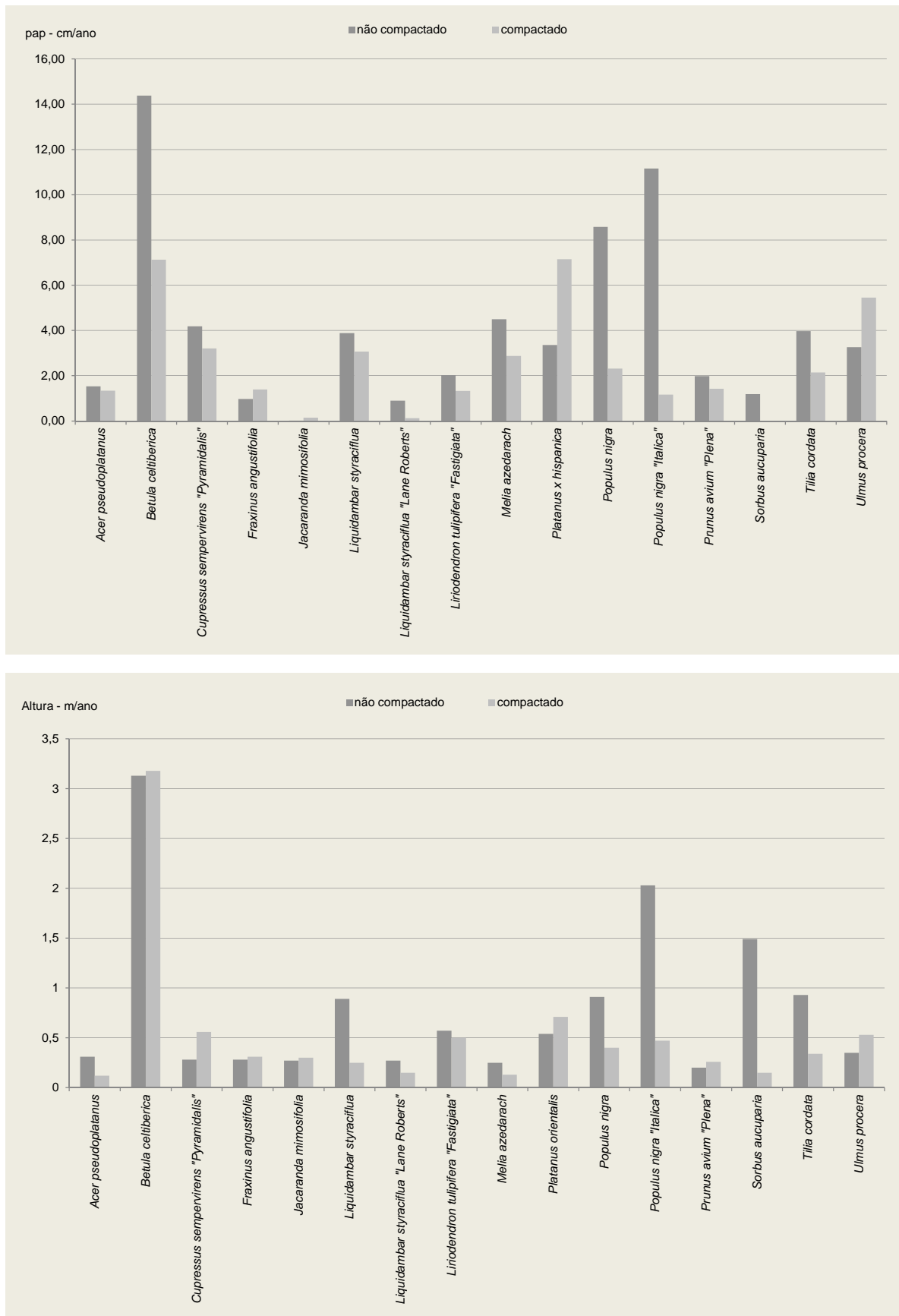


Figura 5.13 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar, híbrido) em função da compactação do solo.

O Quadro 5.17 regista a classificação dos acréscimos médios anuais por espécie (cultivar, híbrido) em função da compactação e situação.

Constata-se que existem árvores que podem crescer em volumes de solo mais reduzidos mas necessitam de solos não compactados podendo ter dificuldade de crescimento das raízes quando perante resistência do solo e adaptação a situações de má drenagem e deficiente arejamento. São exemplos *Acer pseudoplatanus* e *Liquidambar styraciflua*. Existem no entanto árvores que podem desenvolver-se em volumes de solo restritos e compactados onde as raízes se desenvolvem mesmo quando perante resistência à sua penetração e se adaptam melhor a situações de má drenagem e deficiente arejamento sendo exemplos *Fraxinus angustifolia*, *Jacaranda mimosifolia* e *Platanus x hispanica*. Todas as restantes espécies (cultivares, híbridos) estudados têm melhores desempenhos em solos não compactados e situação de terreno onde possam desenvolver o seu sistema radicular sem restrição podendo procurar a água de que necessitam.

Quadro 5.17 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função da compactação

Espécie (cultivar, híbrido) e compactação	Acréscimos médios anuais de pap (cm)		Acréscimos médios anuais de altura (m)		Classificação final	Espécie (cultivar, híbrido) e situação de plantação	Acréscimos médios anuais de pap (cm)		Acréscimos médios anuais de altura (m)		Classificação final
<i>Acer pseudoplatanus</i>						<i>Acer pseudoplatanus</i>					
Sem compactação	1,529	B	0,314	B	B	Caldeira	1,9935	B	0,4203	B	B
Com compactação	1,342	B	0,122	B	B	Trincheira	1,4643	B	0,2968	B	B
						Terreno	1,3000	B	0,2015	B	B
<i>Betula celtiberica</i>						<i>Betula celtiberica</i>					
Sem compactação	14,381	E	3,125	E	E	Caldeira	10,709	E	3,6424	E	E
Com compactação	7,125	E	3,175	E	E	Trincheira					
						Terreno	16,816	E	1,9486	E	E
<i>Fraxinus angustifolia</i>						<i>Fraxinus angustifolia</i>					
Sem compactação	0,967	B	0,280	B	B	Caldeira	1,4145	B	0,3048	B	B
Com compactação	1,390	B	0,305	B	B	Trincheira					
						Terreno	0,7929	B	0,2786	B	B
<i>Jacaranda mimosifolia</i>						<i>Jacaranda mimosifolia</i>					
Sem compactação	0,023	B	0,269	B	B	Caldeira	0,1125	B	0,2250	B	B
Com compactação	0,150	B	0,300	B	B	Trincheira					
						Terreno	0,0000	B	0,3222	B	B
<i>Melia azedarach</i>						<i>Melia azedarach</i>					
Sem compactação	4,500	M	0,250	B	M	Caldeira	2,8407	B	0,1259	B	B
Com compactação	2,877	B	0,127	B	B	Trincheira					
						Terreno	7,1000	E	0,4000	B	M
<i>Liquidambar styraciflua</i>						<i>Liquidambar styraciflua</i>					
Sem compactação	3,884	M	0,886	M	M	Caldeira	8,0500	E	1,6714	E	E
Com compactação	3,067	M	0,250	B	M	Trincheira					
						Terreno	1,6648	B	0,4042	B	B
<i>Liquidambar styraciflua</i> "Lane Roberts"						<i>Liquidambar styraciflua</i> "Lane Roberts"					
Sem compactação	0,902	B	0,274	B	B	Caldeira	0,1500	B	0,4000	B	B
Com compactação	0,133	B	0,150	B	B	Trincheira	0,8400	E	0,2258	B	M
						Terreno	0,1500	B	0,4000	B	B

B - "baixo"; M - "médio"; E - "elevado"

Quadro 5.17 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função da compactação (Continuação)

Espécie (cultivar, híbrido) e compactação	Acréscimos médios anuais de pap (cm)		Acréscimos médios anuais de altura (m)		Classificação final	Espécie (cultivar, híbrido) e situação de plantação	Acréscimos médios anuais de pap (cm)		Acréscimos médios anuais de altura (m)		Classificação final
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"						<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"					
Sem compactação	2,033	B	0,574	M	M	Caldeira	1,9426	B	0,5374	M	M
Com compactação	1,333	B	0,500	M	M	Trincheira	2,3333	B	0,7667	M	M
						Terreno	2,5130	B	0,7826	M	M
<i>Platanus x hispanica</i>						<i>Platanus x hispanica</i>					
Sem compactação	3,363	M	0,541	M	M	Caldeira	7,1500	E	0,7100	M	E
Com compactação	7,150	E	0,710	M	E	Trincheira	1,0182	B	0,3182	B	B
						Terreno	4,2233	M	0,6233	M	M
<i>Populus nigra</i>						<i>Populus nigra</i>					
Sem compactação	8,583	E	0,912	M	E	Caldeira	2,3167	B	0,4000	B	B
Com compactação	2,317	B	0,400	B	B	Trincheira					
						Terreno	8,5833	E	0,9125	M	E
<i>Populus nigra</i> "Italica"						<i>Populus nigra</i> "Italica"					
Sem compactação	11,161	E	2,028	E	E	Caldeira	1,1667	B	0,4667	B	B
Com compactação	1,167	B	0,467	B	B	Trincheira					
						Terreno	11,161	E	2,0278	E	E
<i>Prunus avium</i> "Plena"						<i>Prunus avium</i> "Plena"					
Sem compactação	1,977	B	0,195	B	B	Caldeira	1,6306	B	0,2741	B	B
Com compactação	1,419	B	0,259	B	B	Trincheira	1,1158	B	0,0526	B	B
						Terreno	1,9867	B	0,2015	B	B
<i>Tilia cordata</i>						<i>Tilia cordata</i>					
Sem compactação	3,967	M	0,933	M	M	Caldeira	1,6500	B	0,3000	B	B
Com compactação	2,150	B	0,338	B	B	Trincheira					
						Terreno	3,8400	M	0,7400	M	M

B - "baixo"; M - "médio"; E - "elevado"

5.4.3 Radiação

Com este fator pretende-se verificar o comportamento das árvores ao longo das linhas de Matosinhos e Maia face à quantidade e intensidade de radiação que recebem. As orientações das superfícies foram determinadas em função da fisiografia do local e se existe ou não inclinação nas áreas onde foram plantadas as árvores. Verifica-se haver predomínio das áreas planas, o que é expectável, uma vez que se está a trabalhar com um meio de transporte que se desloca sobre pendentes suaves. As áreas planas foram consideradas como tendo exposição total ou seja recebe radiação proveniente de todas as direções não havendo interferência da topografia.

Efetuada o levantamento das orientações em que se encontram as árvores situadas ao longo das linhas de Matosinhos e Maia mais uma vez se verificou dificuldade em se encontrar um número significativo de espécies (cultivares, híbridos) num tão diversificado conjunto de situações face às características da amostragem, pelo que apenas foi possível avaliar 4 espécies e 370 árvores, correspondendo a 19,2% da amostragem, o que desde já se refere como sendo pouco representativo.

No Quadro 5.18, verifica-se um elevado número de árvores plantadas em superfícies com orientação plana o que se deve, como já foi referido, ao facto de existir um elevado número de árvores associado à via do metro e arruamentos que se desenvolvem em áreas planas.

A análise de variância realizada para esta amostra revelou que a orientação é uma fonte de variação muito significativa para os acréscimos médios anuais de pap e altura. O quadro 5.18 mostra que relativamente ao pap a orientação Oeste é a que maiores acréscimos proporciona e o efeito desta orientação é estatisticamente diferente de todas as outras. Já as orientações Norte, Este e Plano não apresentaram diferenças estatísticas entre elas e a Este Plano e Sul também não.

No que diz respeito à altura a análise revelou que as orientações Norte, Este, Plano e Sul têm um efeito idêntico nos acréscimos médios em altura assim como a orientação Norte, Sul e Oeste também não se distinguem no seu efeito sobre este parâmetro.

Quadro 5.18 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da orientação

Orientações dominantes	Número de árvores avaliadas	Acréscimos de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos de altura em m	Relação estatística
Norte	47	3,80787	a	1,56340	a - b
Este	25	4,69940	a - b	1,15280	a
Plano	206	5,25282	a - b	1,10762	a
Sul	49	6,62796	b	1,38020	a - b
Oeste	43	<u>9,59651</u>	c	<u>1,85878</u>	b

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Quando se analisa o efeito da orientação nos acréscimos médios anuais de pap e altura para as 4 espécies (cultivares, híbridos), verifica-se que a *Populus nigra* “Itálica” e *Cupressus sempervirens sempervirens* apresentam os acréscimos médios anuais de pap e altura mais elevados quando plantados em superfícies orientadas a poente e sul respetivamente tendo ambas copas com configuração colunar (Figura 5.14). Segundo Oliver e Larson (1996), são formas que nas latitudes mais elevadas permitem retirar melhor partido da relação entre o ângulo de incidência dos raios solares e o ângulo em que se encontram inseridas as folhas nas árvores obtendo-se grande superfície de exposição à radiação. No entanto, tem que se fazer uma nota relativamente aos acréscimos médios anuais de altura em que se verificam valores elevados também para a orientação Norte para as diferentes espécies (cultivar, híbrido) o que reflete a capacidade de adaptação das espécies a diferentes quantidades de radiação.

Relativamente às outras duas espécies não se verificam grandes diferenças nos acréscimos médios de pap e altura entre as diferentes orientações com exceção da *Sorbus aucuparia* que, no que respeita à altura, parece ter melhor desempenho nas orientações Plano e Norte.

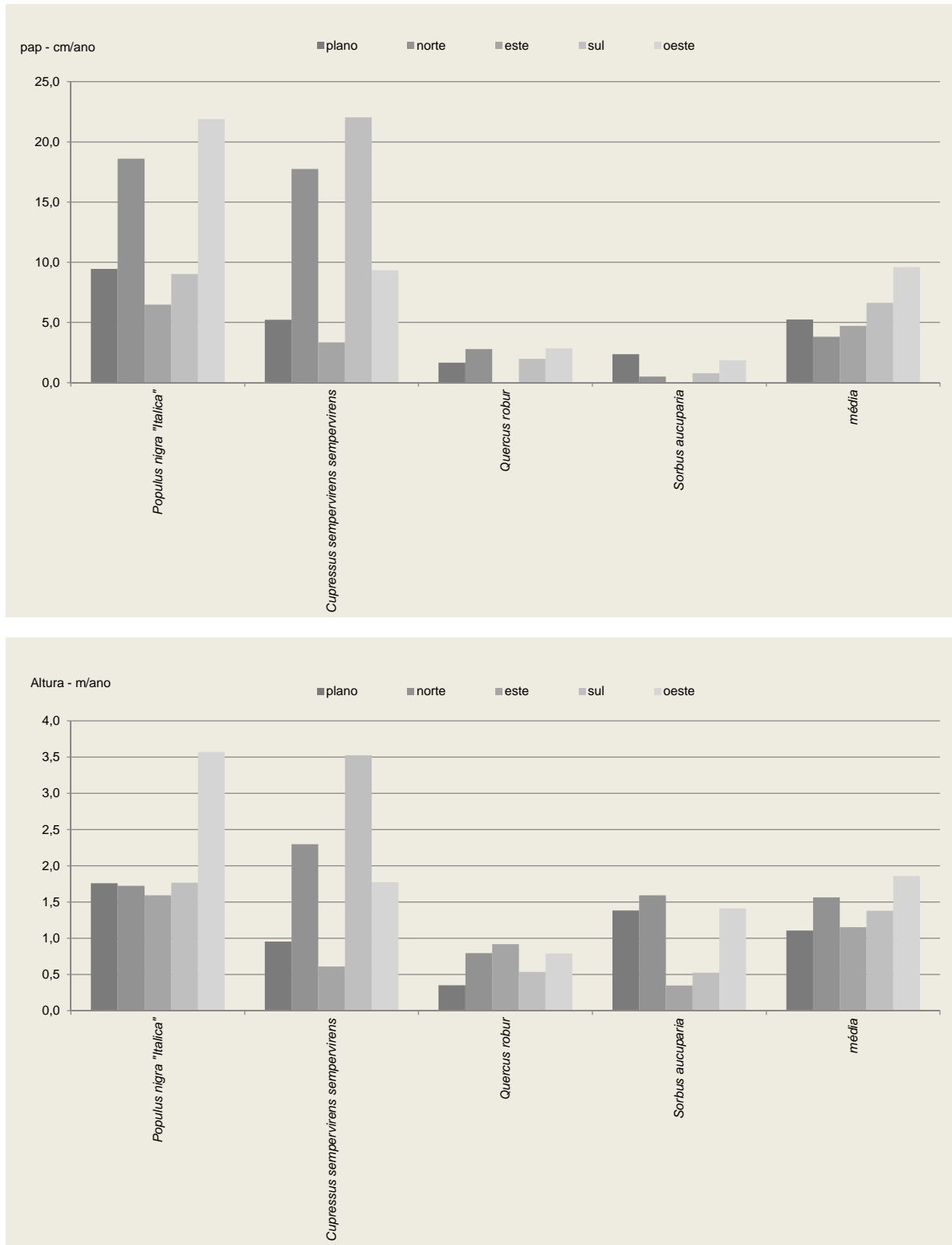


Figura 5.14 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da orientação: plano, norte, este, sul e oeste

Tendo por objetivo a obtenção de uma amostragem que possa incluir um maior número de espécies (cultivares, híbridos) e assim obter-se um maior número de dados, reduziu-se o número de parâmetros relativos ao fator radiação o que se traduz numa redução para três orientações (Norte, Sul e Plano) a relacionar. Sendo assim, passou-se a uma amostragem de 8 espécies (cultivares, híbridos) num total de 492 árvores correspondendo a 25,5% do total da amostragem.

Todas as exposições mostraram-se estatisticamente diferentes, tendo-se obtido os maiores acréscimos médios anuais de pap para a exposição Sul e para a altura na exposição Norte. Na orientação Plano obtêm-se os valores de acréscimos médios anuais de pap e altura mais baixos (Quadro 5.19).

Quadro 5.19 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura função das orientações: norte, sul e plano

Orientações	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos médios de altura em m	Relação estatística
Norte	81	5,99469	b	<u>1,61951</u>	b
Plano	307	4,61557	a	0,87873	a
Sul	104	<u>11,19779</u>	c	1,36375	b

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Os resultados levam a concluir que as zonas planas não são uma orientação que otimize a relação entre a radiação recebida e a utilizada pelas árvores pois obtiveram-se os menores acréscimos médios anuais em pap e altura. As árvores revelam a necessidade de orientações com maior número de horas de sol (Sul e Poente) e alguma inclinação que permita otimizar os ângulos de incidência sobre as superfícies.

No que diz respeito à análise por espécie (cultivar e híbrido) há as que apresentam valores de acréscimos médios anuais de pap e altura muito elevados quando sujeitos a orientações com elevado número de horas de sol (Sul), como sejam *Acer rubrum* “Columnare” e *Populus nigra* “Italica” e *Cupressus sempervirens sempervirens*, não se podendo deixar de chamar à atenção para o facto de serem árvores com forma piramidal ou colunar que apresenta maior superfície de exposição à receção da radiação. Também *Pinus pinea* apresenta preferência pela exposição Sul mas os valores dos acréscimos médios anuais de pap e altura são inferiores. As árvores *Liquidambar styraciflua*, *Platanus x hispanica* e *Quercus robur* apresentam maiores acréscimos médios anuais para pap e altura na orientação Norte sendo árvores com capacidade de realizar os seus processos de fotossíntese mesmo com baixo número de horas de sol direto (Figura 5.15).

Face às avaliações realizadas podem-se tirar como conclusões gerais que, em média, as árvores jovens em espaço urbano revelam ter acréscimos médios de pap e altura mais elevados quando plantadas em orientações Sul e Poente, correspondendo a orientações com maior número de horas de sol.

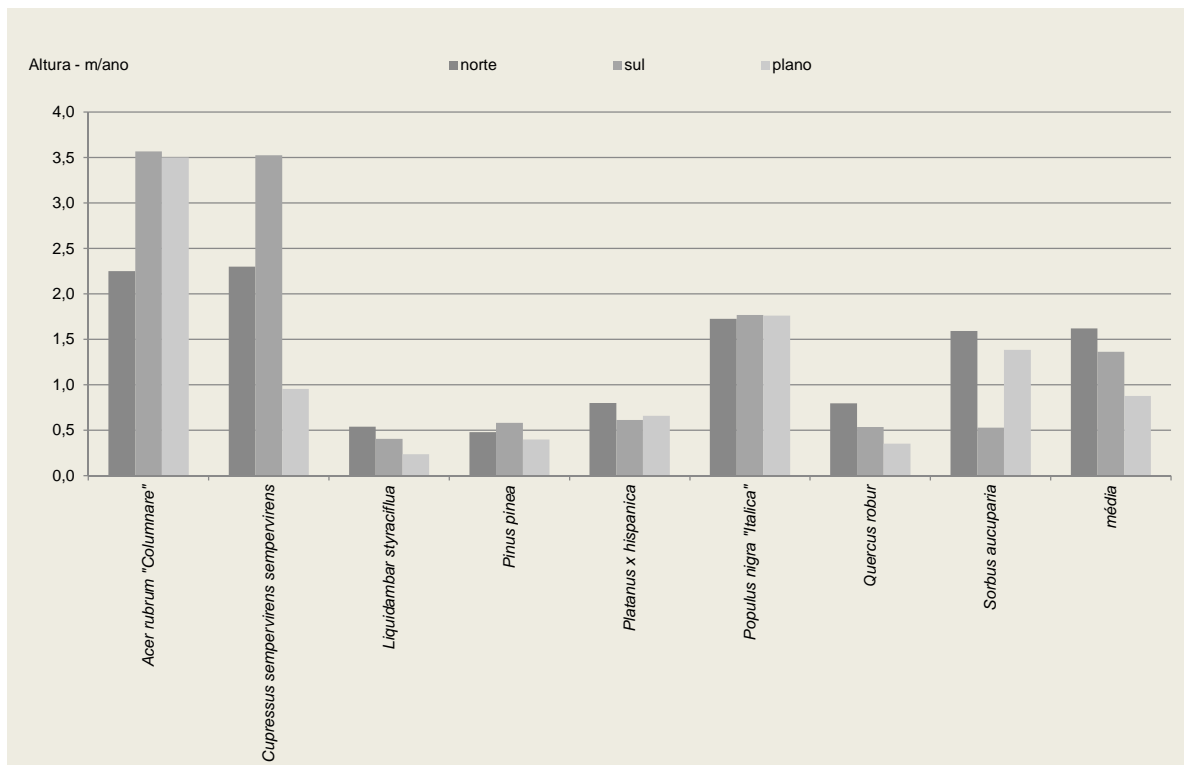
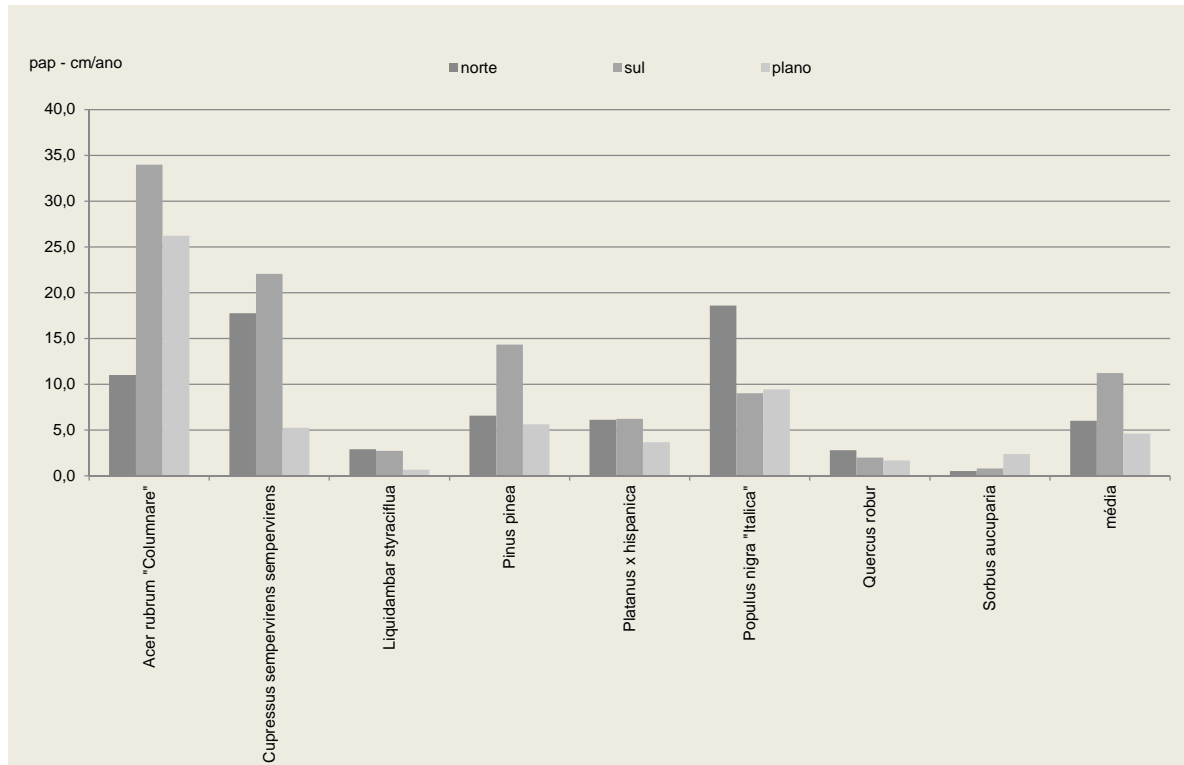


Figura 5.15 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da orientação: norte, sul e plana.

O Quadro 5.20 regista a classificação dos acréscimos médios anuais por espécie (cultivar, híbrido) em função da exposição.

Quadro 5.20 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função da orientação

Espécie (cultivar, híbrido) e orientação	pap – todas as exposições cm/ano		>Altura todas as exposições m/ano		pap – Norte/Plano /Sul cm/ano		Altura Norte/ Plano /Sul m/ano		CLASSIFICAÇÃO FINAL
<i>Acer rubrum</i> "Columnare"									
Norte					11,004	E	2,2522	E	E
Plano					26,200	E	3,5000	E	E
Sul					33,967	E	3,5667	E	E
<i>Cupressus sempervirens sempervirens</i>									
Este	3,3356	M	0,6125	M					M
Norte	17,750	E	2,3000	E	17,750	E	2,3000	E	E
Oeste	9,3477	E	1,7760	E					E
Plano	5,2246	M	0,9545	M	5,2246	M	0,9545	M	M
Sul	22,050	E	3,5250	E	22,050	E	3,5250	E	E
<i>Liquidambar styraciflua</i>									
Norte					2,9000	B	0,5400	M	M
Plano					0,6465	B	0,2372	B	B
Sul					2,7063	B	0,4063	B	B
<i>Pinus pinea</i>									
Norte					6,5800	E	0,4800	B	M
Plano					5,6108	M	0,3973	B	M
Sul					14,317	E	0,5824	M	E
<i>Platanus x hispanica</i>									
Norte					6,1000	E	0,8000	M	E
Plano					3,6650	M	0,6600	M	M
Sul					6,2286	E	0,6143	M	E
<i>Populus nigra</i> "Italica"									
Este	6,4857	E	1,5929	E					E
Norte	18,600	E	1,7250	E	18,600	E	1,7250	E	E
Oeste	21,891	E	3,5727	E					E
Plano	9,4429	E	1,7610	E	9,4429	E	1,7610	E	E
Sul	9,0221	E	1,7675	E	9,0221	E	1,7675	E	E
<i>Quercus robur</i>									
Este	0,0000	B	0,9200	M					M
Norte	2,7950	B	0,7967	M	2,7950	B	0,7967	M	M
Oeste	2,8620	B	0,7927	M					M
Plano	1,6528	B	0,3540	B	1,6528	B	0,3540	B	B
Sul	1,9667	B	0,5367	M	1,9667	B	0,5367	M	M
<i>Sorbus aucuparia</i>									
Este	0,0000	B	0,3500	B					B
Norte	0,5091	B	1,5939	E	0,5091	B	1,5939	E	M
Oeste	1,8500	B	1,4125	E					M
Plano	2,3678	B	1,3830	E	2,3678	B	1,3830	E	M
Sul	0,7856	B	0,5278	M	0,7856	B	0,5278	M	M

B - "baixo"; M – "médio"; E - "elevado"

As áreas planas, apesar de usufruírem de muitas horas de sol ao longo do ano, não são as que permitem obter maiores acréscimos médios anuais nas espécies (cultivares,

híbridos). No metro do Porto, as áreas planas correspondem a situações de caldeira, trincheira, via de metro, estações de metro, estacionamentos e rotundas sendo espaços sujeitos a pressão das atividades humanas e com pior situação de drenagem. As restantes orientações (Norte, Sul, Este e Oeste) correspondem a espaços verdes de enquadramento, parques e jardins.

Verifica-se que para algumas espécies (cultivares, híbridos) a exposição Norte e as exposições Sul e Poente apresentam valores próximos de acréscimos médios anuais dando ideia de que algumas árvores se conseguem adaptar em fases jovens a diferentes condições de radiação (*Platanus x hispanica* e *Liquidambar styraciflua*). As espécies *Populus nigra* “Italica”, *Cupressus sempervirens sempervirens* e *Acer rubrum* “Columnare” são as que mostraram melhor desempenho independentemente da orientação em que se encontravam.

5.4.4 Água

Na amostragem para cálculo do fator água foram excluídas as espécies (cultivares, híbridos) em caldeira porque todas as árvores em caldeira se encontravam em sequeiro não sendo possível estabelecer relação entre árvores regadas e não regadas. Obteve-se assim uma amostragem de 10 espécies (cultivares, híbridos) e de 1473 árvores (76,5% do total das árvores da amostragem). O levantamento de campo foi realizado durante os meses de julho e agosto, meses quentes e com reduzida precipitação, tendo-se verificado por observação visual ser frequente a ocorrência de situações de secura nos espaços verdes, especialmente nas áreas sem rega automática.

Da análise de variância realizada verificou-se que a situação de com rega/sem rega influencia os acréscimos médios anuais de pap sendo que estes são maiores quando existe rega. No que diz respeito aos acréscimos médios anuais em altura, verifica-se não existirem diferenças estatisticamente significativas entre as duas situações apesar destes acréscimos serem maiores sem rega do que com rega (Quadro 5.21 e Figura 5.16).

Quadro 5.21 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da rega

Água	Número de árvores avaliadas	Acréscimos de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos de altura em m	Relação estatística
Sem rega	608	3,22641	a	<u>0,85016</u>	a
Com rega	865	<u>4,17624</u>	b	0,79384	a

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância



Figura 5.16 Variação média anual de pap e altura em função da rega.

Analisando os dados obtidos por espécie (cultivar, híbrido), *Acer rubrum* “Columnare”, *Liquidambar styraciflua* “Lane Roberts”, *Liriodendron tulipifera* “Fastigiata” e *Populus nigra* são espécies cujos acréscimos médios anuais estão muito dependentes da disponibilidade de água sendo pouco tolerantes ao défice hídrico. Para estas espécies, a presença de sistemas de rega para a sua instalação e crescimento são importantes. Por outro lado, existem outras espécies (cultivares, híbridos) com tolerância ao défice hídrico em espaço urbano: *Fraxinus angustifolia*, *Liquidambar styraciflua*, *Magnolia x soulangeana*, *Platanus x hispanica* e *Populus nigra* “Italica” revelando melhores desempenhos em situações de maior secura (Figura 5.17).

Existem espécies (cultivares, híbridos) que se manifestam indiferentes à disponibilidade de água não apresentando diferenças significativas nos seus acréscimos médios anuais de pap e altura quando perante uma ou outra situação: *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus sempervirens* “Pyramidalis”, *Jacaranda mimosifolia*, *Liriodendron tulipifera* “Fastigiata”, *Prunus avium* “Plena” e *Sorbus aucuparia*.

Sendo árvores jovens e encontrando-se na sua maioria em fases de instalação ou pós-instalação pode-se inferir que:

- a. as espécies (cultivares, híbridos) mais tolerantes ou indiferentes ao défice

hídrico desenvolvem melhor e mais rapidamente o seu sistema radicular pelo que conseguem obter a água que necessitam no volume de terra explorado;

b. são espécies (cultivares, híbridos) que necessitam de menores quantidades de água para conseguirem compensar as suas necessidades hídricas.

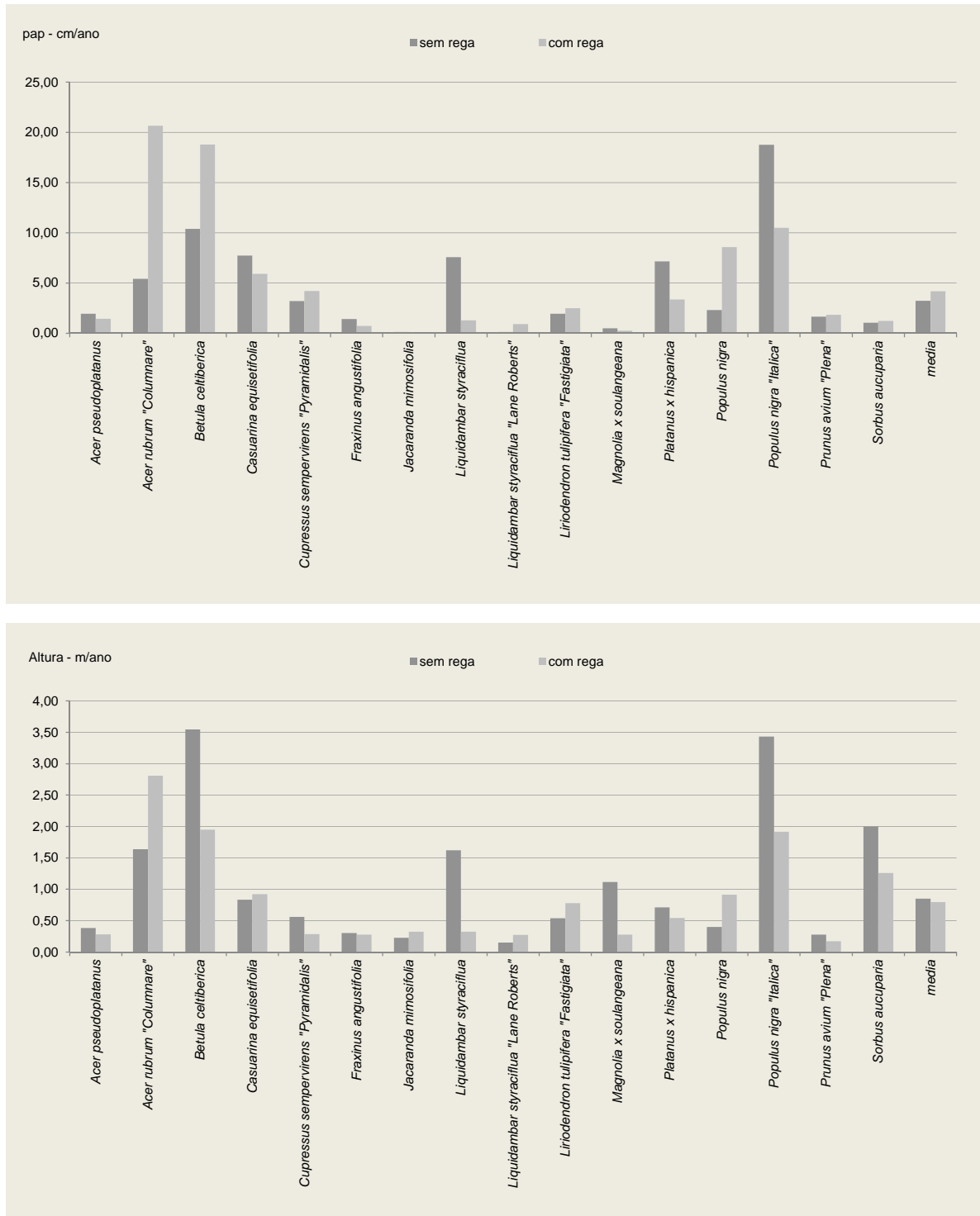


Figura 5.17 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da água.

No Quadro 5.22 faz-se a classificação das espécies (cultivares, híbridos) em função da água e da compactação do solo.

Sobre a relação entre défice hídrico e compactação do solo verifica-se que:

- i. as árvores tolerantes ao défice hídrico mas não a excesso de água no solo são: *Acer pseudoplatanus*, *Liquidambar styraciflua*, *Populus nigra* “Italica”;
- ii. as árvores não tolerantes ao défice hídrico necessitando de ter fácil acesso à água do solo e a condições de arejamento: *Acer rubrum* “Columnare”, *Liquidambar styraciflua* “Lane Roberts”, *Liriodendron tulipifera* “Fastigiata” e *Populus nigra*;
- iii. as espécies (cultivares, híbridos) que não apresentam definição quanto à sua tolerância ao défice hídrico, o que se poderá dever à sua facilidade de adaptação ou ao facto de se encontrarem nas fases de instalação: *Betula celtiberica*, *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus sempervirens* “Pyramidalis”, *Jacaranda mimosifolia*, *Magnolia x soulangeana*, *Prunus avium* “Plena” e *Sorbus aucuparia*.

Quadro 5.22 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função da água e compactação

Espécie (cultivar, híbrido) e água	Acréscimos médios anuais de pap		Acréscimos médios anuais de altura		Classificação final	Espécie (cultivar, híbrido) e compactação	Acréscimos médios anuais de pap		Acréscimos médios anuais de altura		Classificação final
	cm/ano		m/ano				cm/ano		m/ano		
<i>Acer pseudoplatanus</i>						<i>Acer pseudoplatanus</i>					
Sem rega	1,9441	B	0,3841	B	B	Sem compactação	1,529	B	0,314	B	B
Com rega	1,4304	B	0,2819	B	B	Com compactação	1,342	B	0,122	B	B
<i>Acer rubrum</i> “Columnare”											
Sem rega	5,4091	M	1,6364	E	E						
Com rega	20,645	E	2,8100	E	E						
<i>Betula celtiberica</i>						<i>Betula celtiberica</i>					
Sem rega	10,383	E	3,5457	E	E	Sem compactação	14,381	E	3,125	E	E
Com rega	18,786	E	1,9483	E	E	Com compactação	7,125	E	3,175	E	E
<i>Casuarina equisetifolia</i>											
Sem rega	7,7432	E	0,8324	M	E						
Com rega	5,9086	M	0,9203	M	M						
<i>Cupressus sempervirens</i> “Pyramidalis”						<i>Cupressus sempervirens</i> “Pyramidalis”					
Sem rega	3,2075	M	0,5600	M	M	Sem compactação	4,191	M	0,284	B	M
Com rega	4,1909	M	0,2844	B	M	Com compactação	3,207	M	0,560	M	M
<i>Fraxinus angustifolia</i>						<i>Fraxinus angustifolia</i>					
Sem rega	1,4179	B	0,3048	B	B	Sem compactação	0,967	B	0,280	B	B
Com rega	0,7231	B	0,2769	B	B	Com compactação	1,390	B	0,305	B	B
<i>Jacaranda mimosifolia</i>						<i>Jacaranda mimosifolia</i>					
Sem rega	0,1125	B	0,2250	B	B	Sem compactação	0,023	B	0,269	B	B
Com rega	0,0000	B	0,3222	B	B	Com compactação	0,150	B	0,300	B	B
<i>Liquidambar styraciflua</i>						<i>Liquidambar styraciflua</i>					
Sem rega	7,5653	E	1,6225	E	E	Sem compactação	3,884	M	0,886	M	M
Com rega	1,2747	B	0,3239	B	B	Com compactação	3,067	M	0,250	B	M

B - “baixo”; M - “médio”; E - “elevado”

Quadro 5.22 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função da água e compactação (Continuação)

Espécie (cultivar, híbrido) e água	Acréscimos médios anuais de pap		Acréscimos médios anuais de altura		Classifi- cação final	Espécie (cultivar, híbrido) e compactação	Acréscimos médios anuais de pap		Acréscimos médios anuais de altura		Classifi- cação final
	cm/ano		m/ano				cm/ano		m/ano		
Liquidambar styraciflua “Lane Roberts”						Liquidambar styraciflua “Lane Roberts”					
Sem rega	0,1333	B	0,1500	B	B	Sem compactação	0,902	B	0,274	B	B
Com rega	0,9017	B	0,2738	B	B	Com compactação	0,133	B	0,150	B	B
Liriodendron tulipifera “Fastigiata”						Liriodendron tulipifera “Fastigiata”					
Sem rega	1,9426	B	0,5374	M	M	Sem compactação	2,033	B	0,574	M	M
Com rega	2,4923	B	0,7808	M	M	Com compactação	1,333	B	0,500	M	M
Magnolia x soulangeana						Magnolia x soulangeana					
Sem rega	0,5027	B	1,1162	E	M	Sem compactação					
Com rega	0,2590	B	0,2795	B	B	Com compactação					
Platanus x hispanica						Platanus x hispanica					
Sem rega	7,1500	E	0,7100	M	E	Sem compactação	3,363	M	0,541	M	M
Com rega	3,3634	M	0,5415	M	M	Com compactação	7,150	E	0,710	M	E
Populus nigra						Populus nigra					
Sem rega	2,3167	B	0,4000	B	B	Sem compactação	8,583	E	0,912	M	E
Com rega	8,5833	E	0,9125	M	E	Com compactação	2,317	B	0,400	B	B
Populus nigra “Italica”						Populus nigra “Italica”					
Sem rega	18,750	E	3,4333	E	E	Sem compactação	11,161	E	2,028	E	E
Com rega	10,504	E	1,9139	E	E	Com compactação	1,167	B	0,467	B	B
Prunus avium “Plena”						Prunus avium “Plena”					
Sem rega	1,6437	B	0,2771	B	B	Sem compactação	1,977	B	0,195	B	B
Com rega	1,8252	B	0,1720	B	B	Com compactação	1,419	B	0,259	B	B
Sorbus aucuparia						Sorbus aucuparia					
Sem rega	1,0394	B	2,0000	E	M	Sem compactação	1,188	M	1,491	M	M
Com rega	1,2175	B	1,2594	E	M	Com compactação	0,000	B	0,150	B	B

B - “baixo”; M – “médio”; E - “elevado”

5.4.5 Pragas

Começa-se por recordar que as pragas é o único fator biótico em avaliação, pelas razões já anteriormente invocadas. Também, tal como aconteceu para o fator clima e qualidade do ar, as pragas não foi um fator ponderado no Indicador de Capacidade de Desempenho das árvores em espaço urbano pelo facto de não se terem obtido dados a partir de medições quantitativas. No entanto, no levantamento de campo efetuou-se a observação visual das árvores o que permitiu definir o fator vitalidade que serviu de base à avaliação do fator pragas. A condição fitossanitária em que se encontra a espécie (cultivar, híbrido) e a sua maior ou menor suscetibilidade aos agentes patogénicos são a base do processo.

A figura 5.18 mostra a distribuição da totalidade de árvores amostradas segundo a classificação de vitalidade que demonstravam.

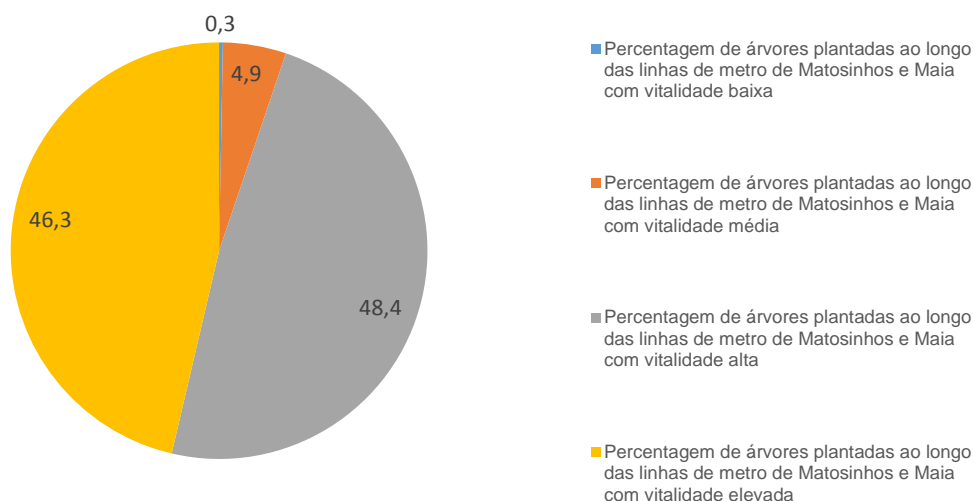


Figura 5.18 Distribuição das árvores amostradas segundo a classificação de vitalidade.

Cerca de 94,7% das árvores plantadas nas linhas de Matosinhos e Maia encontram-se com vitalidade alta a elevada, mostrando que são linhas cujas árvores apresentam poucos problemas associados a agentes patogénicos.

Avaliando-se a vitalidade por espécie (cultivar, híbrido) (Figura 5.19) verifica-se que *Camellia japonica*, *Magnolia x soulangeana*, *Jacaranda mimosifolia* e *Betula celtiberica* apresentam vitalidade baixa e média correspondendo a árvores em estado débil e com pragas, encontrando-se em stresse. Outras espécies (cultivares, híbridos) apresentam classificação de vitalidade alta significando que são árvores que apresentam algumas debilidades e pragas. Apenas as espécies (cultivares, híbridos) que não evidenciam a presença de agentes patogénicos e situações de stresse foram classificadas como tendo elevada vitalidade.

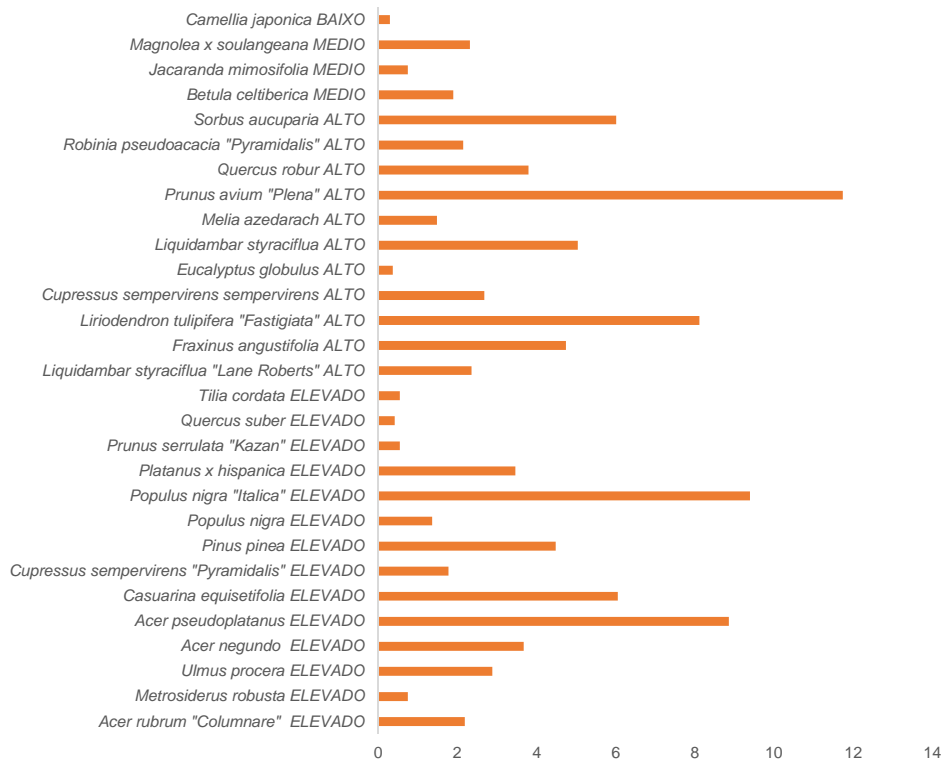


Figura 5.19 Classificação da Vitalidade por espécie (cultivar e híbrido) e percentagem por espécie (cultivar e híbrido) de árvores plantadas ao longo das Linhas de metro de Matosinhos e Maia

A fiabilidade da classificação apresentada nas figuras 5.18 e 5.19 é relativa pois por vezes a praga não é a causa do declínio das árvores mas antes uma consequência, como por exemplo o aparecimento de fungos em algumas das árvores pode dever-se ao facto de serem agentes oportunistas aparecendo em árvores que manifestam dificuldade em se instalar após o transplante, neste caso os fungos irão contribuir para o declínio das árvores mas surgiram quando a vitalidade da árvore já estava baixa e não foram a sua causa. Esta situação verificou-se em *Sorbus aucuparia* e *Betula celtiberica* com deficiente manutenção Também se poderia referir o mesmo caso na deteção de afídeos e oídio.

5.4.6 Ações mecânicas provocadas pelo Homem

As espécies (cultivares, híbridos) das linhas de Matosinhos e Maia encontram-se sujeitas a intensa e diversificada pressão antrópica pelo que não se pode deixar de avaliar de que modo as ações provocadas pelo homem influenciam os acréscimos médios anuais

das árvores. Consideram-se como principais ações exercidas pelo homem sobre as árvores: 1) ações diretamente relacionadas com a intervenção do homem sobre a árvore, incluindo-se nesta categoria as operações associadas à manutenção e ao vandalismo; e 2) ações que se relacionam com as características específicas de cada espécie (cultivar, híbrido) e o ambiente urbano.

Os fatores a avaliar nas principais ações exercidas pelo homem sobre as árvores resultaram de observações realizadas durante o levantamento de campo e de entrevistas realizadas a técnicos responsáveis pela Fiscalização da manutenção dos espaços verdes das linhas de metro do Porto no sentido de avaliar os aspetos que provocam maior número de problemas na manutenção das árvores.

Foram selecionados como fatores de avaliação:

1. **Forma natural e podas.** As podas afetam a forma natural da árvore podendo beneficiar ou prejudicar a árvore. A comparação de árvores não podadas na sua fase inicial de instalação com podas bem ou mal feitas são os parâmetros de avaliação.

2. **Feridas no tronco.** Analisa-se a relação entre acréscimos médios anuais das espécies e as feridas. Foram incluídas na análise, as espécies (cultivares, híbridos) que apresentavam feridas resultantes de podas mal executadas, ações mecânicas de elementos presentes em espaço urbano: carros, edifícios, toldos e tutoragens mal aplicadas. Foram excluídas as feridas provocadas por ações de vandalismo que serão alvo de avaliação própria.

3. **Feridas no colo.** Analisa-se a relação entre os acréscimos médios anuais e as feridas no colo. Verificou-se existir um número elevado de espécies (cultivares, híbridos) com este tipo de problema resultado de más práticas de manutenção.

4. **Vandalismo.** Analisa-se a relação entre os acréscimos médios anuais das espécies (cultivares, híbridos) e as ações de vandalismo a que foram sujeitas.

5.4.6.1 Forma natural da árvore

Em espaço urbano, a alteração da forma natural das árvores deve-se a fatores ambientais, muito relacionados com a localização da árvore (quantidade de luz, direção da luz, ventos dominantes, proximidade do edificado, características do solo e revestimento do

solo, poluentes na atmosfera, agentes patogénicos), e a ação do homem por se considerar necessário subir fustes para melhorar a circulação pedonal e rodoviária, alargar copas para aumentar áreas de influência do ensombramento, reduzir copas para não interferir com vistas ou fachadas de edifícios, criar assimetrias para permitir a passagem de redes de infraestruturas e equipamentos, retirar ramos doentes, etc.

Nesta dissertação ao se estar a avaliar árvores jovens, os períodos de instalação e crescimento são curtos não se fazendo sentir os fatores de ordem ambiental com grande relevância, sendo essencialmente os fatores humanos os mais significativos. No levantamento de campo foi possível confirmar que a alteração das formas naturais das árvores se deviam essencialmente a podas, enxertos (árvores adquiridas com enxertias mal executadas), quebras, mal formações muito devido a ações mecânicas (colisão com varandas, toldos, candeeiros) ou influência de vento, sombra e cortes do gomo principal por “eliminação” de ramos mortos por *dieback*.

No levantamento de campo, as árvores foram classificadas quanto à sua forma em simétrica, assimétrica, irregular, muito irregular, piramidal e “cálice” no entanto, de modo a se poderem obter dados estatisticamente relevantes, reagruparam-se em dois grandes grupos: simétricas¹², correspondentes às que apresentavam formas próximas da forma natural e irregulares correspondendo a árvores cuja forma se encontrava alterada em relação à forma natural, alteração essa que poderia ser devida a ações do homem ou às condições presentes no espaço urbano.

Para esta avaliação, a amostragem foi de 1386 árvores correspondendo a 71,96% do total das espécies (cultivares, híbridos), das quais 1105 correspondem a árvores simétricas, e 281 a irregulares. Estes números permitem-nos afirmar que as operações de manutenção ou as condições ambientais, de um modo geral, não têm vindo a alterar a forma natural das copas. De destacar que as árvores foram fornecidas nas empreitadas de construção dos espaços verdes com as formas naturais da espécie.

¹² A designação de forma simétrica tecnicamente não é correta, no entanto procurou-se um termo abrangente para englobar as várias formas naturais das árvores (esférica, piramidal, elítica, fusiforme) pois tratando-se de árvores jovens ainda com a forma não completamente definida e conduzidas em ambiente urbano considerou-se ser excessivo indicar formas precisas.

Os valores obtidos para os acréscimos médios anuais de pap e altura nas espécies (cultivares, híbridos) com as formas simétricas são superiores e estatisticamente diferentes dos das árvores que apresentam formas irregulares ou seja alteradas em relação à forma natural (Quadro 5.23). Este é o único parâmetro em que a totalidade da amostra foi passível de ser utilizada.

Quadro 5.23 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da forma da copa

Forma da copa	Número de árvores avaliadas	Acréscimos de pap em cm	Relação Estatística	Acréscimos de altura em m	Relação Estatística
Árvores com forma da copa irregular	281	1,423	a	0,289	a
Árvores com forma da copa simétrica	1105	<u>4,135</u>	b	<u>0,909</u>	b

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

A conclusão a que se pode chegar é que, se as árvores crescerem de acordo com os seus códigos genéticos, sem que haja perturbações, elas vão apresentar maiores crescimentos. Perturbações das formas naturais implicam que a árvore proceda a reajustes na sua estrutura levando à redução dos acréscimos médios anuais quer de pap quer em altura.

Analisando o efeito da forma nas diferentes espécies (cultivares, híbridos) (Figura 5.20) verifica-se que apenas *Jacaranda mimosifolia* apresenta maiores acréscimos médios de pap e altura para árvores de copa irregular sendo que nesta espécie a simetria em árvores jovens é relativa dada a grande diversidade de situações que as copas podem apresentar podendo considerar-se não haver uma forma natural muito definida. Em algumas espécies (cultivares, híbridos), as reduções dos acréscimos médios anuais de pap e altura são muito significativas (praticamente metade) quando em presença de formas alteradas (irregulares) como seja o caso de *Betula celtiberica*, *Magnolia x soulangeana*, *Populus nigra*, *Populus nigra* “Italica” e *Sorbus aucuparia* mostando serem muito sensíveis à perturbação da sua forma natural.

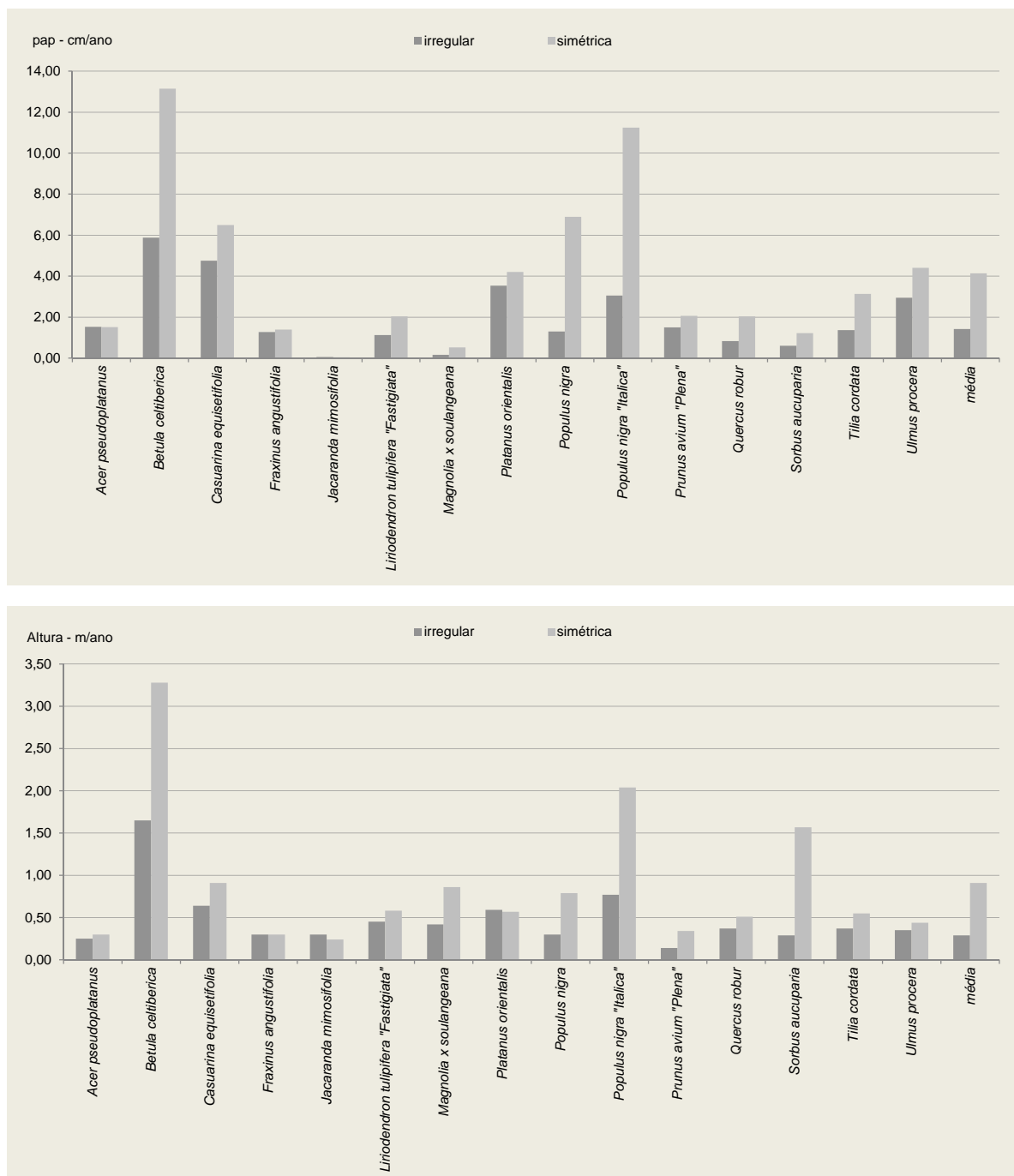


Figura 5.20 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da forma natural.

5.4.6.2 Poda

Sendo a poda a ação que provoca mais alterações na estrutura e forma da árvore, considera-se necessário avaliar de que modo esta pode ter influência nos acréscimos médios anuais de altura e pap para as espécies (cultivares, híbridos) estudadas, assim

como entender quais as espécies (cultivares, híbridos) mais ou menos tolerantes à ação da poda. De modo a fazer esta análise a totalidade de árvores amostradas foram agrupadas em: árvores sem podas, árvores com podas bem executadas e árvores com podas mal executadas.

Entende-se por árvores sem podas as que não manifestam a execução de podas recentes decorrentes de ações de manutenção. As árvores plantadas ao longo das linhas do metro sofreram podas durante o seu processo de produção em viveiro e transplante consideradas podas de formação e que não são contempladas neste estudo. Entende-se por árvores com podas bem executadas, as podas de correção realizadas ao longo das ações de manutenção tendo por objetivo a manutenção ou o reajustamento da forma natural, podas para supressão de ramos secos ou partidos resultantes de acidente natural (ex.: tempestades, ventos fortes) ou provocado (ex.: vandalismo), de ramos ou partes de ramos doentes e inexistência de tocos e podas de cortes limpos com preservação do colo do ramo. Tendo sido sujeita a este tipo de podas, a árvore não deve apresentar ramos em competição, cruzados, bifurcados, em forquilha ou que se toquem, ou seja, deve apresentar uma disposição que garanta a sua resistência estrutural. Entende-se por podas mal executadas as que, tendo sido executadas no âmbito da manutenção, não cumprem os parâmetros anteriormente apresentados.

Pela análise do Quadro 5.24 verifica-se que o facto de serem efetuadas podas sejam elas bem ou mal realizadas influencia significativamente e negativamente os acréscimos médios anuais de pap e altura das árvores. De facto, quando as árvores não sofrem nenhum tipo de poda há um aumento de cerca de mais 82% para os acréscimos médios anuais de pap e de cerca de mais 50% nos acréscimos médios anuais das alturas relativamente às árvores com podas mal executadas. No entanto, as diferenças nos acréscimos médios anuais de pap e altura entre as árvores com podas mal e bem executadas não são significativas apesar de as árvores bem podadas terem um aumento de cerca de 5% nos acréscimos médios anuais de pap e altura. A amostragem foi realizada sobre um total de 1552 árvores das espécies que apresentavam árvores nas três situações em análise encontrando-se dentro desta amostra 428 árvores mal podadas (27,6% da amostragem considerada).

Quadro 5.24 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da realização de podas

Podas	Número de árvores avaliadas	Acréscimos de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos de altura em m	Relação estatística
Árvores com podas mal executadas	428	3,156	a	0,685	a
Árvores com podas bem executadas	527	3,308	a	0,726	a
Árvores sem podas	597	<u>5,751</u>	b	<u>1,030</u>	b

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Segue-se a avaliação dos acréscimos médios anuais tendo em consideração o parâmetro podas por espécie (cultivar e híbrido). No total da amostragem existem 16 espécies (cultivares, híbridos), correspondendo a 55,2% do total das árvores plantadas, que apresentavam árvores nas três situações, ou seja, árvores sem podas, com podas bem executadas e com podas mal executadas tendo sido estas as espécies analisadas.

A análise da Figura 5.21 mostra que *Acer rubrum* “Columnare”, *Betula celtiberica* e *Populus nigra* “Italica” são as espécies (cultivares, híbridos) que apresentam maiores acréscimos médios anuais independentemente de serem ou não podadas (Anexo D). Existem espécies (cultivares, híbridos) que em presença de podas apresentam acréscimos médios anuais de pap e altura superiores aos de situações em que as árvores não foram podadas, são os casos: *Acer pseudoplatanus*, *Acer rubrum* “Columnare”, *Fraxinus angustifolia*, *Liquidambar styraciflua*, *Melia azedarach*, *Platanus x hispanica* e o *Sorbus aucuparia*.

As espécies (cultivares, híbridos) *Betula celtiberica*, *Pinus pinea* e *Quercus robur* apresentam reduções significativas (praticamente metade) dos acréscimos médios anuais de pap quando sujeitas a podas. Relativamente aos acréscimos médios anuais em altura a *Betula celtiberica* já não mostra o mesmo comportamento parecendo preferir a situação de poda, o mesmo se passa com *Populus nigra* “Italica”. As restantes espécies (cultivares, híbridos) também apresentam redução nos acréscimos médios anuais quando podadas mas sem diferenças significativas entre podas bem e mal executadas o que se pode dever ao facto de serem árvores jovens e as consequências da cicatrização das feridas ainda não se estar a manifestar.

Não foi possível estabelecer relação entre formas naturais da copa e podas realizadas para além de se confirmar que, em média, as árvores têm melhores desempenhos quando não sofrem ações de poda e que não há grandes diferenças na reação das árvores a podas bem ou mal executadas (Figura 5.21).

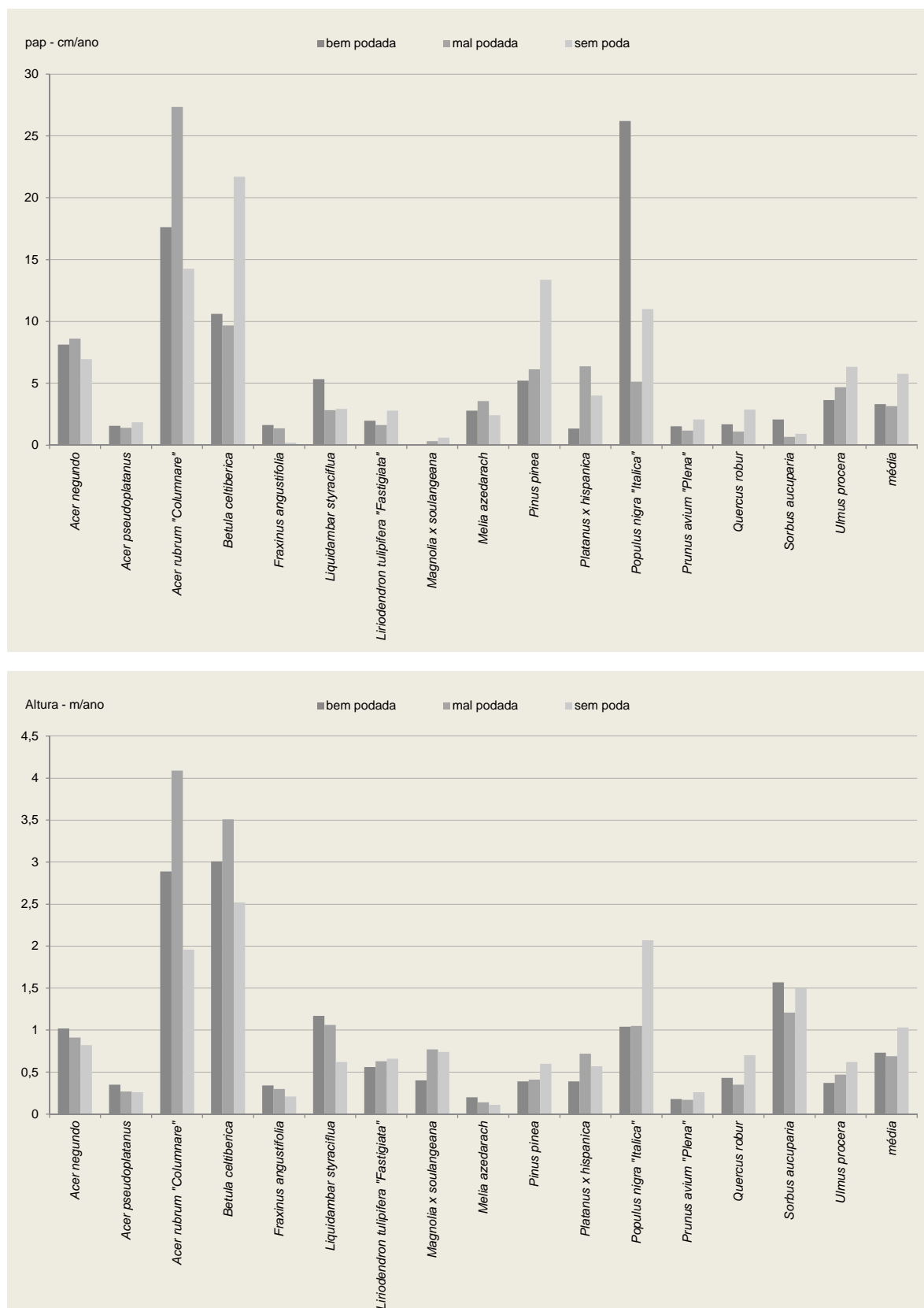


Figura 5.21 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da poda

No Quadro 5.25 faz-se a classificação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da forma da copa e das podas estando sombreados os parâmetros em que as espécies (cultivar, híbridos) apresentam maiores acréscimos médios anuais de pap e altura.

Quadro 5.25 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função da forma da copa e realização de podas

Espécie (cultivar, híbrido) e forma da copa	Acréscimos médios anuais pap		Acréscimos médios anuais altura		Classificação final	Espécie (cultivar, híbrido) e poda	Acréscimos médios anuais pap		Acréscimos médios anuais altura		Classificação final
	cm/ano		m/ano				cm/ano		m/ano		
<i>Acer pseudoplatanus</i>						<i>Acer pseudoplatanus</i>					
Copa simétrica	1,513	B	0,304	B	B	Podas bem executadas	1,564	B	0,353	B	B
Copa irregular	1,526	B	0,252	B	B	Podas mal executadas	1,394	B	0,270	B	B
						Sem podas	1,843	B	0,262	B	B
<i>Betula celtiberica</i>						<i>Betula celtiberica</i>					
Copa simétrica	13,147	E	3,276	E	E	Podas bem executadas	10,609	E	3,005	E	E
Copa irregular	5,875	M	1,650	E	E	Podas mal executadas	9,668	E	3,509	E	E
						Sem podas	21,700	E	2,520	E	E
<i>Liriodendron tulipifera</i> “Fastigiata”						<i>Liriodendron tulipifera</i> “Fastigiata”					
Copa simétrica	2,042	B	0,575	M	M	Podas bem executadas	1,974	B	0,560	M	M
Copa irregular	1,125	B	0,450	B	B	Podas mal executadas	1,620	B	0,630	M	M
						Sem podas	2,780	B	0,660	M	M
<i>Magnolia x soulangeana</i>						<i>Magnolia x soulangeana</i>					
Copa simétrica	0,520	B	0,859	M	M	Podas bem executadas	0,073	B	0,400	B	B
Copa irregular	0,160	B	0,423	B	B	Podas mal executadas	0,315	B	0,773	M	M
						Sem podas	0,614	B	0,739	M	M
<i>Prunus avium</i> “Plena”						<i>Prunus avium</i> “Plena”					
Copa simétrica	2,064	B	0,336	B	B	Podas bem executadas	1,531	B	0,182	B	B
Copa irregular	1,497	B	0,135	B	B	Podas mal executadas	1,175	B	0,168	B	B
						Sem podas	2,069	B	0,257	B	B
<i>Quercus robur</i>						<i>Quercus robur</i>					
Copa simétrica	2,032	B	0,511	M	M	Podas bem executadas	1,692	B	0,434	B	B
Copa irregular	0,829	B	0,369	B	B	Podas mal executadas	1,086	B	0,353	B	B
						Sem podas	2,874	B	0,704	M	M
<i>Ulmus procera</i>						<i>Ulmus procera</i>					
Copa simétrica	4,395	M	0,442	B	M	Podas bem executadas	3,635	M	0,374	B	M
Copa irregular	2,950	B	0,350	B	B	Podas mal executadas	4,682	M	0,471	B	M
						Sem podas	6,340	E	0,620	M	E
<i>Fraxinus angustifolia</i>						<i>Fraxinus angustifolia</i>					
Copa simétrica	1,390	B	0,298	B	B	Podas bem executadas	1,624	B	0,335	B	B
Copa irregular	1,275	B	0,304	B	B	Podas mal executadas	1,364	B	0,301	B	B
						Sem podas	0,186	B	0,214	B	B
<i>Platanus x hispanica</i>						<i>Platanus x hispanica</i>					
Copa simétrica	4,214	M	0,572	M	M	Podas bem executadas	1,331	B	0,385	B	B
Copa irregular	3,525	M	0,587	M	M	Podas mal executadas	6,365	E	0,724	M	E
						Sem podas	3,995	M	0,571	M	M
<i>Populus nigra</i> “Italica”						<i>Populus nigra</i> “Italica”					
Copa simétrica	11,252	E	2,042	E	E	Podas bem executadas	26,200	E	1,040	E	E
Copa irregular	3,046	M	0,770	M	M	Podas mal executadas	5,127	M	1,046	E	E
						Sem podas	11,002	E	2,065	E	E
<i>Sorbus aucuparia</i>						<i>Sorbus aucuparia</i>					
Copa simétrica	1,215	B	1,567	E	M	Podas bem executadas	2,070	B	1,566	E	M
Copa irregular	0,600	B	0,289	B	B	Podas mal executadas	0,663	B	1,212	E	M
						Sem podas	0,910	B	1,497	E	M
<i>Acer negundo</i>						<i>Acer negundo</i>					
						Podas bem executadas	8,125	E	1,018	E	E
						Podas mal executadas	8,614	E	0,911	M	E
						Sem podas	6,948	E	0,817	M	E
<i>Acer rubrum</i> “Columnare”						<i>Acer rubrum</i> “Columnare”					
						Podas bem executadas	17,625	E	2,892	E	E
						Podas mal executadas	27,344	E	4,089	E	E
						Sem podas	14,257	E	1,963	E	E

B - “baixo”; M – “médio”; E - “elevado”

Quadro 5.25 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função da forma da copa e realização de podas (Continuação)

Espécie (cultivar, híbrido) e forma da copa	Acréscimo s médios anuais pap		Acréscimos médios anuais altura		Classifi - cação final	Espécie (cultivar, híbrido) e poda	Acréscimos médios anuais pap		Acréscimos médios anuais altura		Classifi- cação final
Casuarina equisetifolia											
Copa simétrica	6,502	E	0,905	M	E						
Copa irregular	4,760	M	0,640	M	M						
Jacaranda mimosifolia											
Copa simétrica	0,053	B	0,243	B	B						
Copa irregular	0,060	B	0,300	B	B						
						Liquidambar styraciflua					
						Podas bem executadas	5,326	M	1,170	E	E
						Podas mal executadas	2,829	M	1,057	E	E
						Sem podas	2,931	M	0,616	M	M
						Melia azedarach					
						Podas bem executadas	2,775	B	0,200	B	B
						Podas mal executadas	3,546	M	0,138	B	M
						Sem podas	2,418	B	0,109	B	B
						Pinus pinea					
						Podas bem executadas	5,202	M	0,392	B	M
						Podas mal executadas	6,130	E	0,410	B	M
						Sem podas	13,36 1	E	0,602	M	E
Populus nigra											
Copa simétrica	6,890	E	0,788	M	E						
Copa irregular	1,300	B	0,300	B	B						
Tilia cordata											
Copa simétrica	3,125	M	0,550	M	M						
Copa irregular	1,367	B	0,367	B	B						

B - “baixo”; M – “médio”; E - “elevado”

5.4.6.3 Feridas nos troncos

As feridas provocadas nos troncos das árvores danificam o lenho sendo um ponto de entrada de fungos e insetos e, quando muito profundas, os tecidos internos podem ser afetados deixando de haver a circulação da seiva e a emissão de compostos inibidores, não se realizando de forma adequada a cicatrização das zonas atingidas ficando a viabilidade e estabilidade da árvore afetada.

Na análise da influência das feridas no tronco nos acréscimos médios anuais de pap e altura foram consideradas todas as árvores não mortas que apresentavam feridas no tronco principal e secundários representando cerca de 38% da amostragem (Quadro 5.26). Verifica-se que há diferenças estatisticamente significativas nos acréscimos médios anuais de pap e altura entre árvores com feridas e sem feridas. De facto, as espécies (cultivares, híbridos) que apresentam feridas têm cerca de metade dos acréscimos médios anuais de pap enquanto ao nível das alturas os acréscimos médios anuais são inferiores em cerca de um terço (Quadro 5.26).

Quadro 5.26 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da presença de feridas nos troncos

Feridas nos troncos	Número de árvores avaliadas	Acréscimos de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos de altura em cm	Relação estatística
Árvores com feridas nos troncos	710	2,842	a	0,647	a
Árvores sem feridas nos troncos	1155	<u>5,266</u>	b	<u>0,939</u>	b

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

A avaliação dos acréscimos médios anuais tendo em consideração o parâmetro feridas nos troncos por espécie (cultivar, híbrido) considerando árvores com feridas e sem feridas permitiu obter uma amostragem que inclui 96,8% do total das árvores e 82,85% das espécies (cultivares, híbridos) sendo uma amostragem significativa e reflete o elevado número de árvores que apresentam feridas.

Para algumas espécies (cultivares, híbridos), as feridas levam a maiores acréscimos médios anuais quer em pap quer em altura como sejam: *Cupressus sempervirens*, *Fraxinus angustifolia*, *Liquidambar styraciflua*, *Liriodendron tulipifera* “Fastigiata”, *Prunus serrulata* “Kanzan” e *Robinea pseudoacacia* “Pyramidalis” enquanto todas as outras revelam redução dos acréscimos médios anuais em pap quando o tronco apresenta feridas (Figura 5.22).

Face à análise e valores obtidos pode dizer-se que as feridas sobre os troncos implicam alterações morfológicas e fisiológicas nas espécies (cultivares, híbridos) levando a que, por vezes, ocorram maiores acréscimos médios anuais de pap e altura e noutras, correspondendo à maioria das espécies (cultivares, híbridos) levando a reduções nesses mesmos acréscimos. Poucas são as árvores que se revelam indiferentes à presença de feridas nos seus troncos.

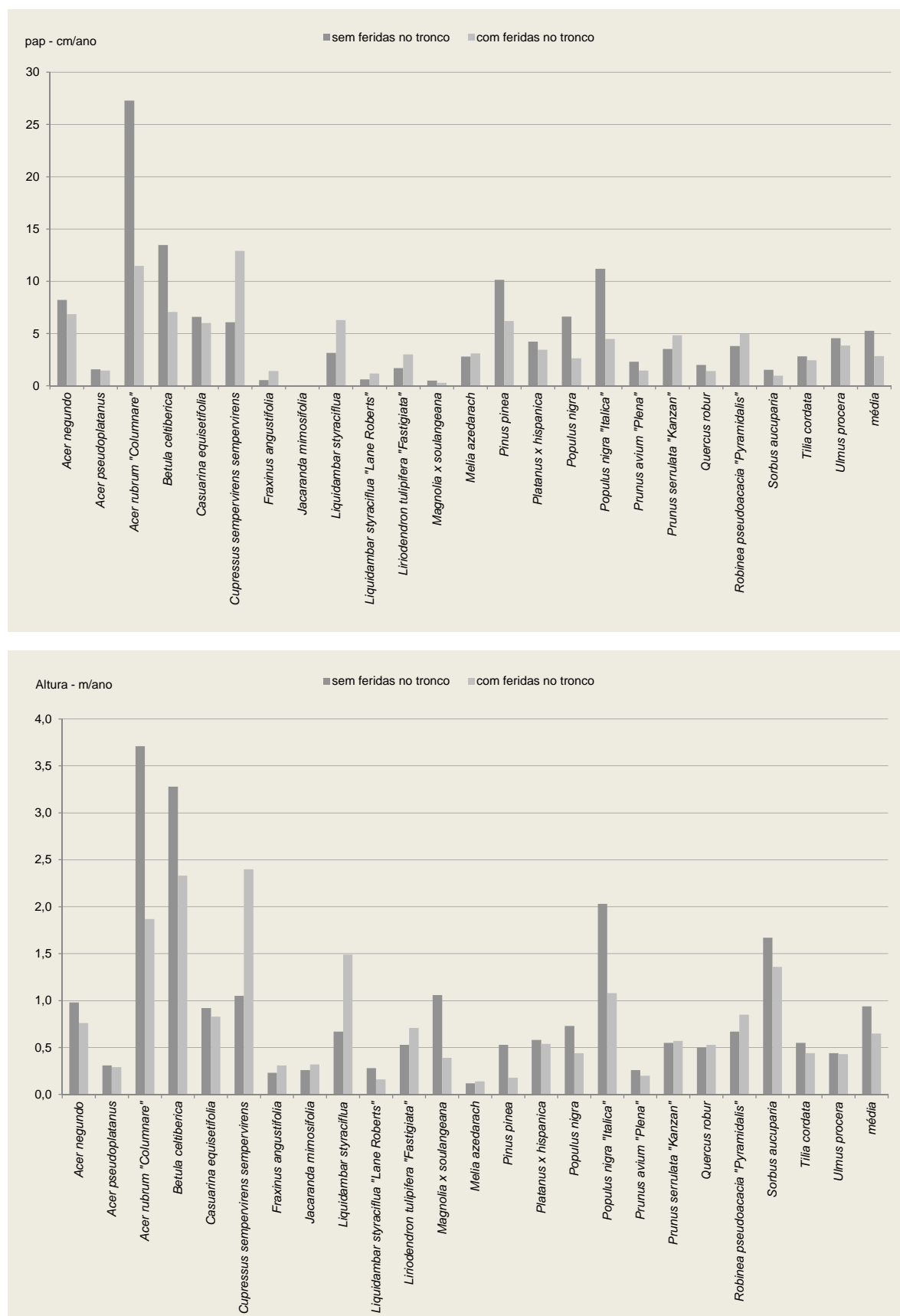


Figura 5.22 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função das feridas no tronco

5.4.6.4 Feridas no colo

As feridas no colo das árvores verificam-se nas áreas revestidas com relvados e prados. Os revestimentos herbáceos estendem-se até à proximidade dos troncos das árvores tornando difícil executar operações de manutenção na envolvente das árvores sem provocar acidentalmente feridas no tronco e, ou, colo. Sabendo-se que a mecanização é um fator importante na rentabilização dos tempos de manutenção é, frequentemente, utilizado o fio de corte com motoroçadora para aparar os relvados e prados na envolvente dos colos das árvores. Durante o levantamento de campo verificou-se existir um elevado número de árvores com colos cortados.

Do ponto de vista biomecânico e fisiológico o colo é muito importante para a árvore. Assim, considerou-se fundamental avaliar a influência do corte na zona do colo nos acréscimos médios anuais ao nível do pap e das alturas. A análise recaiu sobre uma amostragem de 1759 árvores (91,3% do total das árvores levantadas) sendo que destas 271 se encontravam com feridas no colo (Quadro 5.27).

Quadro 5.27 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da presença de feridas no colo

Feridas no colo	Número de árvores avaliadas	Acréscimos de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos de altura em m	Relação estatística
Com feridas no colo	271	2,70937	a	0,81607	a
Sem feridas no colo	1488	<u>4,68735</u>	b	<u>0,85708</u>	a

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Verifica-se que para o total das árvores avaliadas (Quadro 5.27 e Figura 5.23), a presença de corte no colo, reduz para cerca de metade os valores dos acréscimos médios anuais de pap comparativamente às árvores se apresentam sem cortes sendo estas diferenças estatisticamente significativas. Quanto aos valores dos acréscimos médios anuais das alturas verifica-se não existirem diferenças significativas apesar de também ocorrer uma ligeira redução para as árvores com corte no colo.

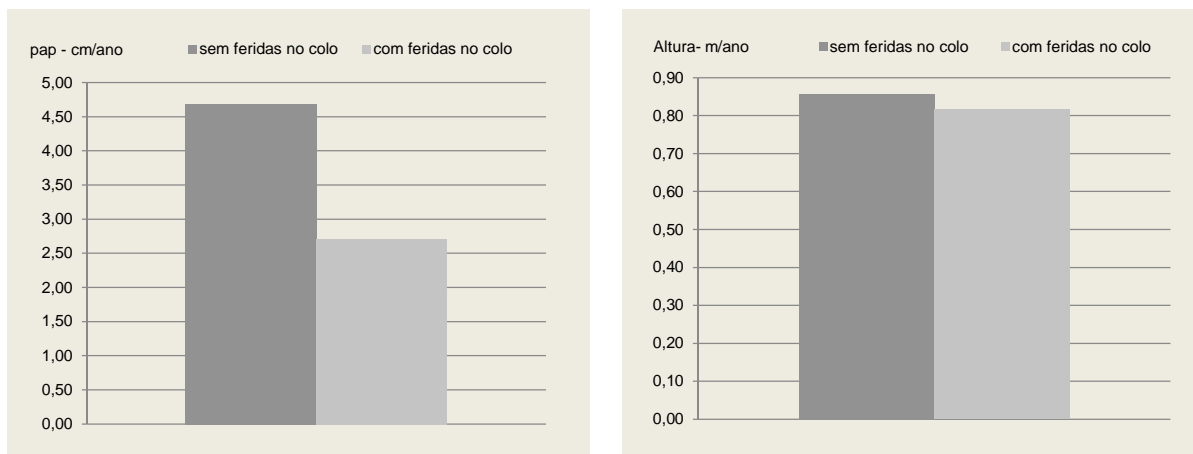


Figura 5.23 Variação média anual em função das feridas no colo.

Das 29 espécies levantadas em campo encontraram-se 19 espécies (cultivares, híbridos) com árvores nas duas situações (com e sem ferida no colo) cuja listagem e acréscimos médios anuais de pap e altura se apresentam na Figura 5.24 sendo *Acer rubrum* “Columnare”, *Betula celtiberica* e *Populus nigra* “Italica” as espécies que apresentam maiores acréscimos mesmo quando com cortes no colo (Anexo D).

Existem espécies que apresentam grande sensibilidade às feridas no colo manifestando redução nos acréscimos médios anuais de pap como: *Acer pseudoplatanus*, *Acer rubrum* “Columnare”, *Betula celtiberica*, *Casuarina equisetifolia*, *Liriodendron tulipifera* “Fastigiata”, *Pinus pinea* e *Sorbus aucuparia*. No entanto, algumas espécies reagem de forma distinta apresentando maiores acréscimos médios anuais quando em presença de feridas no colo como são os casos de *Cupressus sempervirens sempervirens*, *Liquidambar styraciflua*, *Robinea pseudoacacia* “Pyramidalis” e *Ulmus procera* (Figura 5.24).

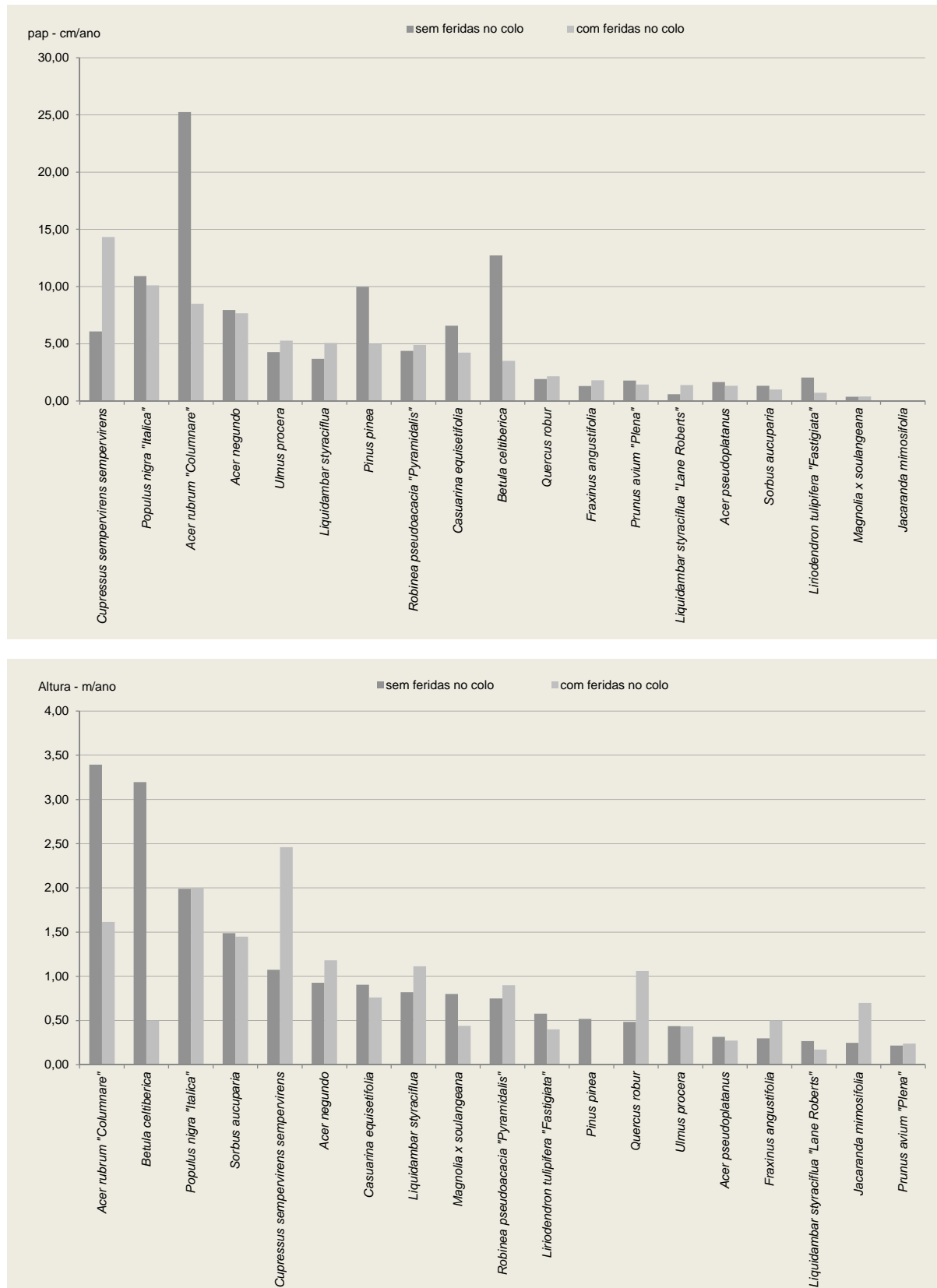


Figura 5.24 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função das feridas no colo.

No Quadro 5.28 faz-se a classificação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função das feridas no tronco e no colo estando sombreados os parâmetros em que as espécies (cultivares, híbridos) apresentam maiores acréscimos médios anuais de pap e altura.

Acer pseudoplatanus, *Acer rubrum* “Columnare”, *Betula celtiberica*, *Casuarina equisetifolia*, *Magnolia x soulangeana*, *Pinus pinea*, *Populus nigra* “Italica”, *Sorbus aucuparia*, e *Ulmus procera* apresentam sensibilidade a feridas em troncos e colos.

Quadro 5.28 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie, (cultivar, híbrido) em função da presença de feridas no tronco e no colo

Espécie (cultivar, híbrido)	Feridas no Tronco				Classifi- cação final	Feridas no Colo				Classifi- cação final
	>pap		>Altura			>pap		>Altura		
	cm/ano		m/ano			cm/ano		m/ano		
<i>Acer negundo</i>										
Sem feridas	8,211	E	0,975	M	E	7,9461	E	0,9272	M	E
Com feridas	6,864	E	0,757	M	E	7,6700	E	1,1800	E	E
<i>Acer pseudoplatanus</i>										
Sem feridas	1,583	B	0,314	B	B	1,6487	B	0,3160	B	B
Com feridas	1,459	B	0,286	B	B	1,3287	B	0,2746	B	B
<i>Acer rubrum</i> "Columnare"										
Sem feridas	27,279	E	3,711	E	E	25,244	E	3,3926	E	E
Com feridas	11,469	E	1,872	E	E	8,4875	E	1,6167	E	E
<i>Betula celtiberica</i>										
Sem feridas	13,483	E	3,279	E	E	12,7246	E	3,1952	E	E
Com feridas	7,071	E	2,329	E	E	3,500	M	0,5000	M	M
<i>Casuarina equisetifolia</i>										
Sem feridas	6,602	E	0,921	M	E	6,5809	E	0,9040	M	E
Com feridas	6,019	E	0,830	M	E	4,2250	M	0,7613	M	M
<i>Cupressus sempervirens sempervirens</i>										
Sem feridas	6,088	E	1,050	E	E	6,0823	E	1,0735	E	E
Com feridas	12,914	E	2,404	E	E	14,330	E	2,4600	E	E
<i>Fraxinus angustifolia</i>										
Sem feridas	0,540	B	0,230	B	B	1,8000	B	0,2990	B	B
Com feridas	1,415	B	0,309	B	B	0,0563	B	0,5000	M	M
<i>Jacaranda mimosifolia</i>										
Sem feridas	0,055	B	0,255	B	B	0,5625	B	0,2500	B	B
Com feridas	0,050	B	0,317	B	B	0,000	B	0,7000	M	M
<i>Liquidambar styraciflua</i>										
Sem feridas	3,135	M	0,670	M	M	3,6793	M	0,8198	M	M
Com feridas	6,281	E	1,489	E	E	5,0858	M	1,1143	E	E
<i>Liquidambar styraciflua</i> "Lane Roberts"										
Sem feridas	0,613	B	0,276	B	B	0,5875	B	0,2683	B	B
Com feridas	1,191	B	0,161	B	B	1,3900	B	0,1717	B	B

B - “baixo”; M – “médio”; E - “elevado”

Quadro 5.28 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie, (cultivar, híbrido) em função da presença de feridas no tronco e no colo (Continuação)

Espécie (cultivar, híbrido)	Feridas no Tronco				Classifi- cação final	Feridas no Colo				Classifi- cação final
	>pap		>Altura			>pap		>Altura		
	cm/ano		m/ano			cm/ano		m/ano		
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"										
Sem feridas	1,688	B	0,525	M	M	2,0585	B	0,5773	M	M
Com feridas	3,000	M	0,711	M	M	0,7200	B	0,4000	B	B
<i>Magnolia x soulangeana</i>										
Sem feridas	0,503	B	1,059	E	M	0,3692	B	0,8000	M	M
Com feridas	0,276	B	0,386	B	B	0,3958	B	0,4417	B	B
<i>Melia azedarach</i>										
Sem feridas	2,800	B	0,120	B	B					
Com feridas	3,100	M	0,144	B	M					
<i>Pinus pinea</i>										
Sem feridas	10,129	E	0,533	M	E	9,9709	E	0,5194	M	E
Com feridas	6,200	E	0,175	B	M	0,5000	M	0,000	B	M
<i>Platanus x hispanica</i>										
Sem feridas	4,226	M	0,581	M	M					
Com feridas	3,462	M	0,538	M	M					
<i>Populus nigra</i>										
Sem feridas	6,613	E	0,734	M	E					
Com feridas	2,640	B	0,440	B	B					
<i>Populus nigra</i> "Italica"										
Sem feridas	11,190	E	2,028	E	E	10,9199	E	1,9891	E	E
Com feridas	4,486	M	1,084	E	E	10,100	E	2,0000	E	E
<i>Prunus avium</i> "Plena"										
Sem feridas	2,313	B	0,259	B	B	1,7865	B	0,2183	B	B
Com feridas	1,445	B	0,202	B	B	1,4389	B	0,2398	B	B
<i>Prunus serrulata</i> "Kazan"										
Sem feridas	3,515	M	0,550	M	M					
Com feridas	4,840	M	0,570	M	M					
<i>Quercus robur</i>										
Sem feridas	1,986	B	0,496	B	B	1,9274	B	0,4854	B	B
Com feridas	1,415	B	0,525	M	M	2,1500	B	1,0600	E	M
<i>Robinea pseudoacacia</i> "Pyramidalis"										
Sem feridas	3,800	M	0,667	M	M	4,3833	M	0,7500	M	M
Com feridas	4,950	M	0,850	M	M	4,9000	M	0,9000	M	M
<i>Sorbus aucuparia</i>										
Sem feridas	1,540	B	1,666	E	M	1,3215	B	1,4885	E	M
Com feridas	0,966	B	1,362	E	M	1,0103	B	1,4478	E	M
<i>Tilia cordata</i>										
Sem feridas	2,817	B	0,550	M	M					
Com feridas	2,440	B	0,440	B	B					
<i>Ulmus procera</i>										
Sem feridas	4,545	M	0,442	B	M	4,2643	M	0,4381	B	M
Com feridas	3,857	M	0,429	B	M	5,2667	M	0,4333	B	M

B - "baixo"; M - "médio"; E - "elevado"

5.4.6.5 Vandalismo

Este fator foi ponderado nas fichas de campo tendo por objetivo fazer avaliações quanto à interferência do vandalismo no crescimento das árvores. Foram considerados como actos de vandalismo, assinalados por observação visual, cortes em troncos e ramos, letras e símbolos desenhados com objectos cortantes, pinturas, aplicação de cartazes, cabos eléctricos (iluminação decorativa ou publicitária de forma permanente), linhas de telefone etc, colocação habitual de sacos de lixo nas caldeiras. Os locais onde se verifica um maior número de ações de vandalismo situam-se junto de estações de metro, paragens de autocarro, estabelecimentos comerciais associados à restauração, zonas habitacionais sem contentores de lixo ou ecopontos e parques de estacionamento.

Para a análise do efeito do fator vandalismo sobre os acréscimos médios anuais de pap e altura utilizaram-se 1598 árvores, das quais 969 árvores revelam um ou mais sinais de actos de vandalismo, correspondendo a um valor que se considera muito elevado, pois 50,3% das espécies (cultivares, híbridos) da amostragem foram sujeitas a actos de vandalismo.

O Quadro 5.29 revela que as ações de vandalismo são um fator significativo para os acréscimos médios anuais, quer ao nível do pap (cerca de 60% mais) quer das alturas (cerca de 30% mais).

Quadro 5.29 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função do vandalismo

Vandalismo	Número de árvores avaliadas	Acréscimos de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos de altura em m	Relação estatística
Com ações de vandalismo	969	3,218	a	0,701	a
Sem ações de vandalismo	629	<u>5,379</u>	b	<u>0,971</u>	b

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Na análise dos dados por espécie verifica-se que apenas 10 espécies (cultivares, híbridos) da amostragem em estudo não apresentam árvores vandalizadas sendo *Camellia japonica*, *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus sempervirens*, *Cupressus sempervirens* “Pyramidalis”, *Jacaranda mimosifolia*, *Metrosiderus robusta*, *Prunus serrulata* “Kazan”, *Quercus suber* e *Tilia cordata*, predominando árvores de folha persistente.

As restantes 19 espécies (cultivares, híbridos) foram sujeitas a vandalismo havendo neste conjunto apenas uma espécie perenifolia (*Pinus pinea*) sendo que, dentro destas, as espécies que conseguem obter os maiores acréscimos médios anuais de pap e alturas são: *Betula celtiberica*, *Populus nigra* “Italica” e *Acer rubrum* “Columnare” (Anexo D).

Em termos médios verifica-se que as espécies não vandalizadas apresentam maiores acréscimos médios anuais de pap e altura. No entanto, a reação das diferentes espécies é diferente, de facto, existem espécies (cultivares, híbridos) muito sensíveis às ações de vandalismo tendo reduções nos acréscimos médios anuais dos valores de pap e altura significativos sendo os casos de *Pinus Pinea*, *Populus nigra*, *Populus nigra* “Italica”, *Prunus avium* “Plena”, *Quercus robur* e *Ulmus procera* e existem outras espécies (cultivares, híbridos) que reagem de outro modo tendo acréscimos médios de pap e altura mais elevados quando na presença de vandalismo como *Acer rubrum* “Columnare”, *Fraxinus angustifolia*, *Liquidambar styraciflua* e *Robinea pseudoacacia* “Pyramidalis” (Figura 5.25).

Se relacionarmos os acréscimos médios anuais de pap e altura de determinada espécie (cultivar, híbrido) com os fatores feridas no tronco e vandalismo verifica-se não haver relação no comportamento das espécies (cultivares, híbridos) havendo respostas distintas para fatores distintos. O mesmo acontece quando se relaciona o fator feridas no colo, respondendo as espécies (cultivares, híbridos) de modo distinto em função das perturbações que lhe são causadas.

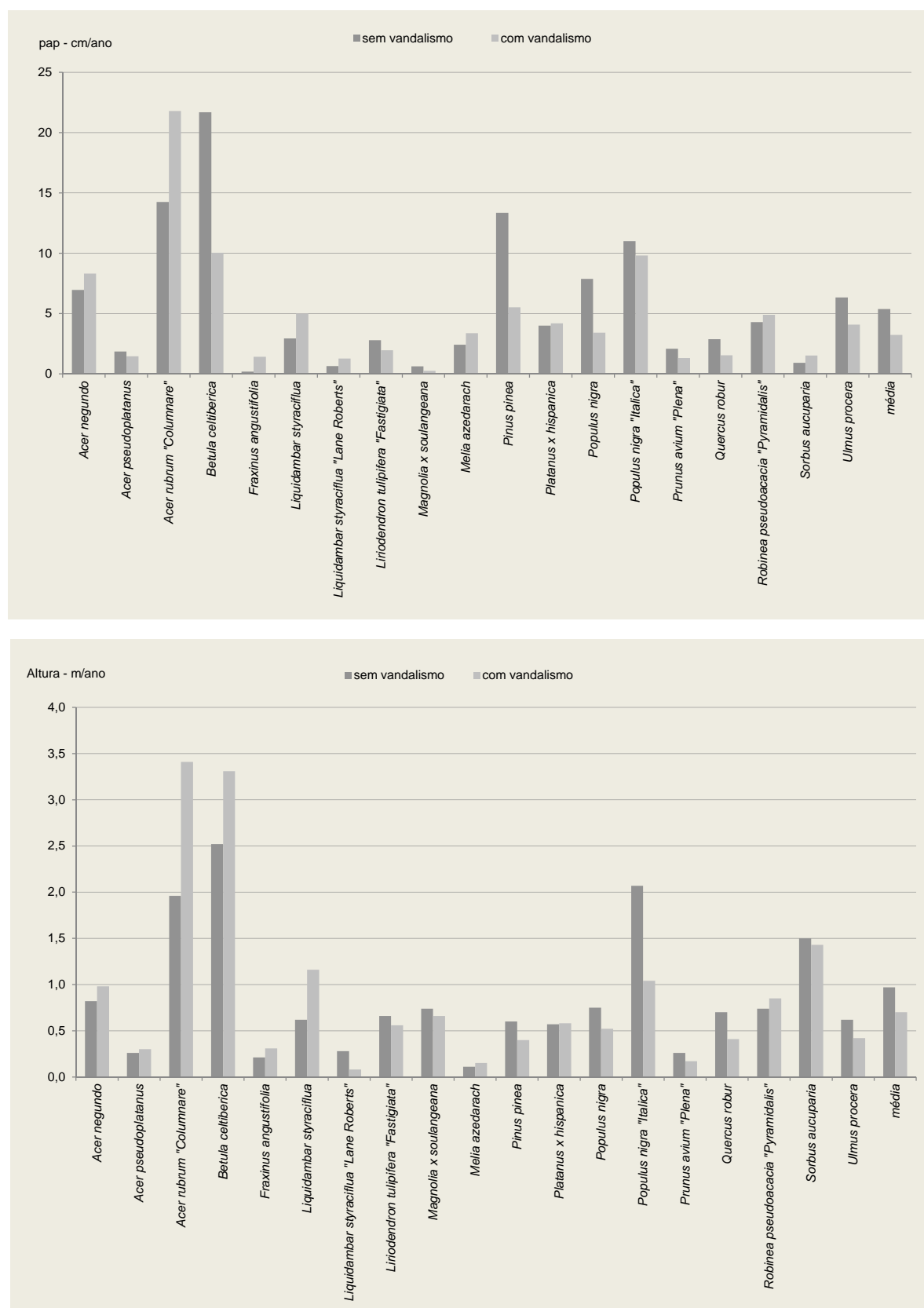


Figura 5.25 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função do vandalismo.

No Quadro 5.30 faz-se a classificação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função do vandalismo estando sombreados os parâmetros em que as espécies (cultivares, híbridos) apresentam maiores acréscimos médios anuais de pap e altura.

Quadro 5.30 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função do vandalismo

Espécie (cultivar, híbrido)	> pap		>Altura		Classificação Final
	Vandalismo		m/ano		
	cm/ano				
<i>Acer negundo</i>					
Sem vandalismo	6,948	E	0,817	M	E
Com vandalismo	8,323	E	0,975	M	E
<i>Acer pseudoplatnus</i>					
Sem vandalismo	1,843	B	0,262	B	B
Com vandalismo	1,464	B	0,304	B	B
<i>Acer rubrum</i> “Columnare”					
Sem vandalismo	14,257	E	1,963	E	E
Com vandalismo	21,790	E	3,405	E	E
<i>Betula celtiberica</i>					
Sem vandalismo	21,700	E	2,520	E	E
Com vandalismo	10,049	E	3,305	E	E
<i>Fraxinus angustifolia</i>					
Sem vandalismo	0,186	B	0,214	B	B
Com vandalismo	1,413	B	0,308	B	B
<i>Liquidambar styraciflua</i>					
Sem vandalismo	2,931	B	0,616	M	M
Com vandalismo	4,996	M	1,155	E	E
<i>Liquidambar styraciflua</i> “Lane Roberts”					
Sem vandalismo	0,644	B	0,282	B	B
Com vandalismo	1,268	B	0,084	B	B
<i>Liriodendron tulipifera</i> “Fastigiata”					
Sem vandalismo	2,780	B	0,660	M	M
Com vandalismo	1,953	B	0,564	M	M
<i>Magnolia x soulangeana</i>					
Sem vandalismo	0,614	B	0,739	M	M
Com vandalismo	0,240	B	0,656	M	M

B - “baixo”; M – “médio”; E - “elevado”

Quadro 5.30 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função do vandalismo (Continuação)

Espécie (cultivar, híbrido)	> pap		>Altura		Classificação Final
Vandalismo	cm/ano		m/ano		
<i>Melia azedarach</i>					
Sem vandalismo	2,418	B	0,109	B	B
Com vandalismo	3,365	M	0,153	B	M
<i>Pinus pinea</i>					
Sem vandalismo	13,361	E	0,602	M	E
Com vandalismo	5,512	M	0,398	B	M
<i>Platanus x hispanica</i>					
Sem vandalismo	3,995	M	0,571	M	M
Com vandalismo	4,183	M	0,577	M	M
<i>Populus nigra</i>					
Sem vandalismo	7,875	E	0,750	M	E
Com vandalismo	3,414	M	0,520	M	M
<i>Populus nigra</i> “Italica”					
Sem vandalismo	11,002	E	2,065	E	E
Com vandalismo	9,810	E	1,044	E	E
<i>Prunus avium</i> “Plena”					
Sem vandalismo	2,069	B	0,257	B	B
Com vandalismo	1,302	B	0,173	B	B
<i>Quercus robur</i>					
Sem vandalismo	2,874	B	0,704	M	M
Com vandalismo	1,540	B	0,413	B	B
<i>Robinea pseudoacacia</i> “Pyramidalis”					
Sem vandalismo	4,280	M	0,740	M	M
Com vandalismo	4,900	M	0,850	M	M
<i>Sorbus aucuparia</i>					
Sem vandalismo	0,910	B	1,497	E	M
Com vandalismo	1,524	B	1,428	E	M
<i>Ulmus procera</i>					
Sem vandalismo	6,340	E	0,620	M	E
Com vandalismo	4,080	M	0,415	B	M

B - “baixo”; M – “médio”; E - “elevado”

5.4.7 Indicadores de Desempenho das Árvores em Espaço Urbano

Tendo-se avaliado como os diferentes fatores presentes em espaço urbano influenciam os acréscimos médios anuais de pap e altura das diferentes espécies (cultivares, híbridos) torna-se possível integrar a informação obtida e determinar Indicadores de Desempenho para as espécies jovens que se situam nas linhas de Matosinhos e na Maia. Os IDA oferecem para cada espécie (cultivar, híbrido) um conjunto de dados sobre o seu desenvolvimento face às condições presentes no espaço urbano.

IDA elevado, alto, médio e baixo resultam das classificações atribuídas aos fatores abióticos e humanos feitas ao longo da 2ª avaliação e estão expressos no Quadro 5.31. Têm por sustentação os ICICA. Também neste indicador espécies (cultivares, híbridos) que apresentam mortalidade muito elevada sendo fortemente condicionadoras do sucesso da instalação das espécies (cultivares, híbridos) e que apresentam ICICA baixo mantêm classificação nos IDA de baixo por a mortalidade ser considerada um fator dominante. Estas espécies (cultivares, híbridos) que apresentam mortalidade “elevada” encontram-se sombreadas a cor azul.

Para cada fator e espécie (cultivar, híbrido) indica-se a classificação dos acréscimos médios anuais de pap e altura correspondendo B a “baixo”, M a “médio”, A a “alto” e E a “elevado”. Quando para um parâmetro de determinado fator os acréscimos médios anuais de pap e altura de uma espécie (cultivar, híbrido) são maiores indica-se a classificação a vermelho e a sombreado rosa. Por exemplo, *Acer pseudoplatanus* apresenta acréscimos médios anuais em pap e altura baixos para o fator feridas no tronco mas na avaliação com e sem feridas no tronco os acréscimos médios anuais são maiores quando sem feridas no tronco por isso surge sombreado a laranja.

As espécies (cultivares, híbridos) sombreadas a *bordeaux* são as que apresentam IDA elevado.

Os IDA resultam da aplicação da matriz apresentada no Quadro 5.31.

Quadro 5.31 Indicadores de Desempenho das Árvores em Espaço Urbano (IDA)

		Fatores abióticos										Fatores humanos										
		Situação			Exposi- ção				Compac- tação		Rega		Feridas no colo		Feridas no Tronco		Podas		Condução da copa		vandalismo	
		Caldeira	Terreno	Trincheira	Sul	Poente	Nascente	Norte	Plano	Sem compactação	Com compactação	Sem Rega	Com Rega	Sem feridas no colo	Com feridas no colo	Sem feridas no tronco	Com Feridas no tronco	Com podas	Sem podas	Copa simétrica		Copa irregular Sem ações de Vandalismo
Acer negundo	E																					
Acer pseudoplatanus	A	B	B	B						B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Acer rubrum "Columnare"	E				E			E	E			E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Betula celtiberica	B	E	E							E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Camellia japonica	B																					
Casuarina equisetifolia	E	E	M	E								E	M	E	M	E	E			E	M	
Cupressus sempervirens	A									M	M	M	M									
"Pyramidalis"																						
Cupressus sempervirens sempervirens	E	E	E	E	E	E	M	E	M					E	E		E					
Eucalyptus globulus	A																					
Fraxinus angustifolia	M	B	B							B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Jacaranda mimosifolia	M	B	B							B	B	B	B	B	B	B	B			B	B	
Liquidambar styraciflua	A	E	B		B				M	B	M	E	B	B	E	M	E	E	M		M	
Liquidambar styraciflua	M		B	B						B	B	B	B	B	B	B	B				B	
"Lane Roberts"																						
Liriodendron tulipifera	A	M	M	M						M	M	M	M	M	B	M	M	M	M	M	M	
"Fastigiata"																						
Magnolia x soulangeana	B	M	B	M								M	B	M	B	B	B	B	M	B	M	
Melia azedarach	M	B	M							M	B						B	M	B	M	B	
Metrosideros robusta	A		B	B																		
Pinus pinea	E				E									E	M	E	M	M	E		E	
Platanus x hispanica	A	E	M	B	E					M	E	E	M			M	M	M	M	M	M	
Populus nigra	E	B	E							E	B	B	E	E	E	E	B	E	E	E	B	
Populus nigra "Italica"	E	B	E		E	E	E	E	E	E	B	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
Prunus avium "Plena"	M	B	B	B						B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Prunus serotula "Kazan"	E														M	M						
Quercus robur	M		B	M	M				B					B	M	B	M	B	M	B	B	
Quercus suber	A																					
Robinea pseudoacacia	B													M	M		M				M	
"Pyramidalis"																						
Sorbus aucuparia	B				M	M	B	M	M	M	B	M	M	M	M	M	M	M	M	M	B	
Tilia cordata	A	B	M							M	M			M	M	M	B	M		M	B	
Ulmus procera	M									M	M			M	M	M	M	E	M	B	E	

B - baixo; M - médio; A - alto, E - elevado

Os acréscimos médios anuais de pap e altura são mais elevados face ao parâmetro em análise

Os valores da mortalidade são superiores a 40%

Espécie (cultivar, híbrido) com IDA elevado

a) Sem terem sido considerados fatores abióticos, bióticos e humanos sendo o IDA igual ao ICICA.

Os IDA oferecem um conjunto de informações que nos permitem fazer várias leituras. Uma primeira leitura resulta dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) face aos fatores presentes no espaço urbano existindo grupos das espécies (cultivares, híbridos) que apresentam IDA elevado, alto, médio e baixo.

As espécies (cultivares, híbridos) que apresentam IDA elevado correspondem às que apresentam baixas taxas de mortalidade, vitalidade e elevados acréscimos médios anuais de pap e altura mesmo quando na presença de fatores que possam condicionar os seus crescimentos. As árvores com IDA elevado apresentam tolerância aos fatores presentes no espaço urbano, tal como preferem manter as suas formas naturais. Incluem-se neste grupo: *Acer negundo*, *Acer rubrum* “Columnare”, *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus sempervirens*, *Populus nigra* “Italica” e *Pinus pinea*.

As espécies (cultivares, híbridos) que apresentam IDA alto correspondem às que apresentam baixas taxas de mortalidade, vitalidade na generalidade das situações podendo ocorrer pequenas situações de árvores em stresse e elevados acréscimos médios anuais de pap e altura mesmo quando na presença de fatores que possam condicionar os seus crescimentos. São árvores que apresentam menor tolerância aos fatores presentes no espaço urbano, como feridas no tronco e colo, podas, vandalismo, compactação do solo e rega e que se distinguem da classe anterior essencialmente pelas acréscimos médios anuais de crescimento em pap e altura que são mais baixos. As suas formas naturais devem ser mantidas, Incluem-se neste grupo: *Cupressus sempervirens* “Pyramidalis”, *Eucalyptus globulus*, *Liquidambar styraciflua*, *Liriodendron tulipífera* “Fastigiata”, *Platanus x hispânica*, *Populus nigra*, *Prunus serrulata* “Kazan”, *Quercus suber* e *Tilia cordata*.

As espécies (cultivares, híbridos) que apresentam IDA médio correspondem às que apresentam baixa a média taxas de mortalidade, árvores em stresse e médios acréscimos médios anuais de pap e altura mesmo quando na presença de fatores que possam condicionar os seus crescimentos. São árvores que apresentam menor tolerância aos fatores presentes no espaço urbano, como feridas no tronco, vandalismo, compactação do solo e rega. As suas formas naturais devem ser mantidas. Incluem-se neste grupo: *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus angustifolia*, *Jacaranda mimosifolia*, *Liquidambar styraciflua* “Lane Roberts”, *Magnolia x soulangeana*, *Melia azedarach*, *Metrosideros robusta*, *Prunus avium* “Plena”, *Quercus robur* e *Ulmus procera*.

As espécies (cultivares, híbridos) que apresentam IDA baixo correspondem às que apresentam elevada taxa de mortalidade, ou são árvores em stresse e com pouca vitalidade o que vai condicionar em muito a sua instalação e desenvolvimento em espaço urbano. São árvores que apresentam menor tolerância aos fatores presentes no espaço urbano, como feridas no tronco, vandalismo, compactação do solo e rega. Incluem-se neste grupo: *Betula celtiberica*, *Camellia japonica*, *Robinea pseudoacacia* “Pyramidalis” e *Sorbus aucuparia*.

5.5 INDICADORES DE DESEMPENHO DOS CORREDORES VERDES DO METRO DO PORTO/ 3ª avaliação

Tendo-se obtido os ICICA e os IDA por espécie (cultivar, híbrido) das linhas de Matosinhos e Maia, torna-se possível avaliar o desempenho das linhas enquanto corredor verde da AMP. Os ICICA, tal como foi referido, são indicadores por espécie (cultivar, híbrido) em função de um conjunto de parâmetros: acréscimos médios anuais de pap e altura e vitalidade (stresse e viabilidade) em que os dois primeiros parâmetros foram obtidos por medição em levantamento de campo e o terceiro por observação visual. Por sua vez, os IDA, igualmente indicadores por espécie (cultivar, híbrido), acentuam as condições locais – fatores abióticos e fatores bióticos – e os impactos decorrentes da ação humana, procurando assim refletir os condicionantes de desenvolvimento das jovens árvores em espaço urbano sendo que, conforme se referiu, nem sempre é viável retratar a complexidade dos fenómenos presentes – quer os exteriores à árvore quer aos intrínsecos a ela enquanto ser vivo.

A produção dos dois indicadores teve por objetivo avaliar o desempenho de um projeto estruturante da AMP como é o Metro do Porto. Este projeto ao ser entendido não apenas como um projeto de uma infraestrutura ferroviária mas antes como um projeto de requalificação urbana adquire abrangência, robustez e visibilidade. Os chamados Projetos de Inserção Urbana foram complementados por Projetos de Integração Paisagística em que a arborização foi o elemento chave da organização e composição do espaço, definidora de continuidade e legibilidade numa sucessão de espaços urbanos muito diversos e identificados como de tipologias urbanas.

Saber se arborização instalada nestes corredores do metro do Porto perspetiva um desempenho elevado reveste-se de significados vários em que, esta dissertação, valoriza a rentabilização do investimento e a eficácia da manutenção do mesmo em nome do bem-estar das populações e da qualidade da paisagem urbana.

A interpretação do projeto do Metro do Porto como um corredor verde metropolitano, inspirado no conceito de *greenway* - de matriz norte-americana - enquanto espaço de continuidade, sustentação de otimização de espaço público de diversas naturezas (estação, parque de estacionamento, jardim, espaços sobrantes potenciados em espaços de enquadramento) com destaque para os espaços verdes, inserido na estrutura ecológica e, de certo modo, ao encontro do atual conceito europeu de *green infrastructure*, cria uma nova oportunidade – ou um novo olhar - sobre a multifuncionalidade do espaço.

O metro do Porto funciona como um corredor de pessoas – utentes do metro - em movimentos de natureza diversa: casa-trabalho, casa-escola, casa-lazer, casa-aeroporto. Jovens, mulheres e idosos têm particular representatividade entre os utentes. É no fundo um corredor de culturas que, para uma parte dos habitantes da AMP, faz parte do seu contexto diário.

Neste subcapítulo pretende-se dar expressão ao Metro do Porto enquanto corredor verde a partir da avaliação do desempenho da arborização - com os seus sucessos e insucessos - a partir dos indicadores anteriormente formulados mas focalizado nos IDA que, por sua vez, integram os ICICA de cada espécie (cultivar, híbrido).

As figuras de 5.26 a 5.45 apresentam a distribuição dos IDA por linha de metro. Recorda-se que para este fim se decidiu incluir a linha de Gondomar que não foi sujeita a avaliação por “falta” de tempo de crescimento das árvores entretanto plantadas em 2010, portanto já após o levantamento de campo. Para a avaliação desta linha, em termos metodológicos, transportam-se os indicadores das outras duas linhas sendo que, quando se registam espécies ali plantadas que não têm expressão nas outras duas linhas ela perde alguma continuidade. A linha de Matosinhos está organizada em cinco troços em que dois correspondem a estações, e as linhas da Maia e Gondomar a um e dois respetivamente.

No troço MAT 1 (Figuras 5.26, 5.27 e 5.28) as espécies (cultivares, híbridos) com IDA médio, alto e elevado acompanham ruas, via do Metro e parques de estacionamento havendo diversidade de situações (Anexo A). As espécies (cultivares, híbridos) encontram-se plantadas em alinhamentos predominantemente em caldeiras e trincheiras oferecendo continuidade da arborização ao longo do espaço urbano. Os espaços verdes de enquadramento e rotundas estão plantados com espécies (cultivares, híbridos) com IDA alto e elevado constituindo-se como elementos de referenciação do espaço urbano o que permite melhor legibilidade no espaço urbano. Neste troço a maioria das espécies (cultivares, híbridos) apresentam IDA médio assegurando continuidade da arborização ao longo da linha de metro e estão diretamente relacionadas com tipologias de espaço público de circulação: rua, via do metro e rotunda.

No troço MAT 2 (Figuras 5.26, 5.30, 5.31 e 5.32) continuam a ser as espécies (cultivares, híbridos) com IDA médio que acompanham os espaços de circulação como: rua, via do Metro e estacionamentos assegurando continuidade da arborização ao longo da linha do metro. Nos espaços verdes de enquadramento e parques e jardins tem-se espécies (cultivares, híbridos) com IDA de elevado a baixo. Nestes espaços verdes de enquadramento e parques e jardins podem surgir descontinuidades pontuais nas áreas plantadas por as espécies (cultivares, híbridos) com IDA baixo apresentarem elevada mortalidade ou acréscimos médios anuais muito baixos. Estes espaços asseguram conectividades com outros espaços de parque e jardins. Nas rotundas à semelhança do troço MAT 1 as espécies (cultivares, híbridos) têm IDA elevado constituindo-se como elementos de referenciação do espaço urbano o que permite melhor legibilidade. Também neste troço a arborização assegura continuidade ao longo da linha de metro e está diretamente relacionada com tipologias de espaço público de circulação e, pontualmente, de recreio mas as espécies (cultivares, híbridos) tendo IDA médio vão apresentar acréscimos médios anuais médios a baixos.

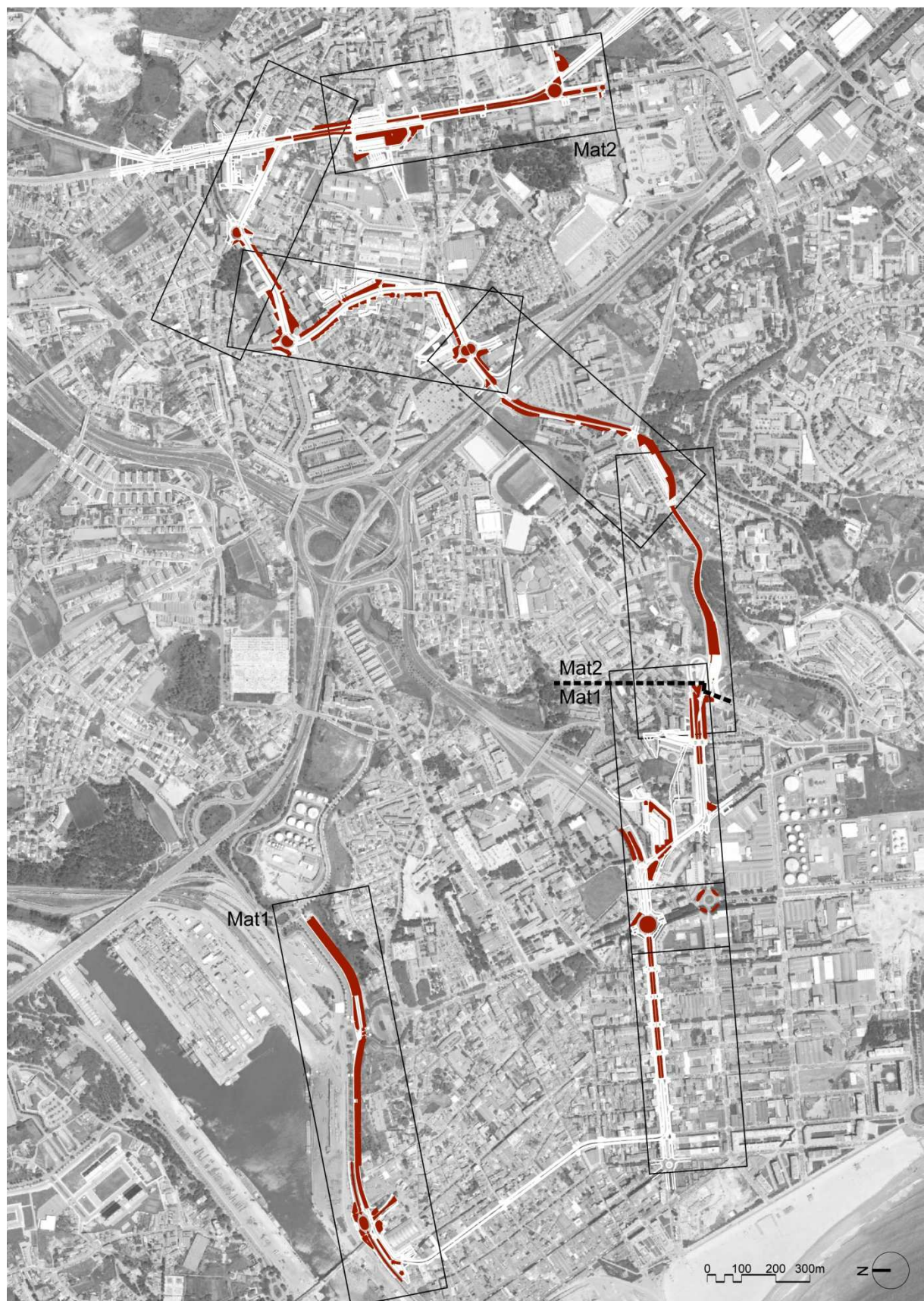


Figura 5.26 Localização dos Troços e Estações de Mat1 a Mat2.

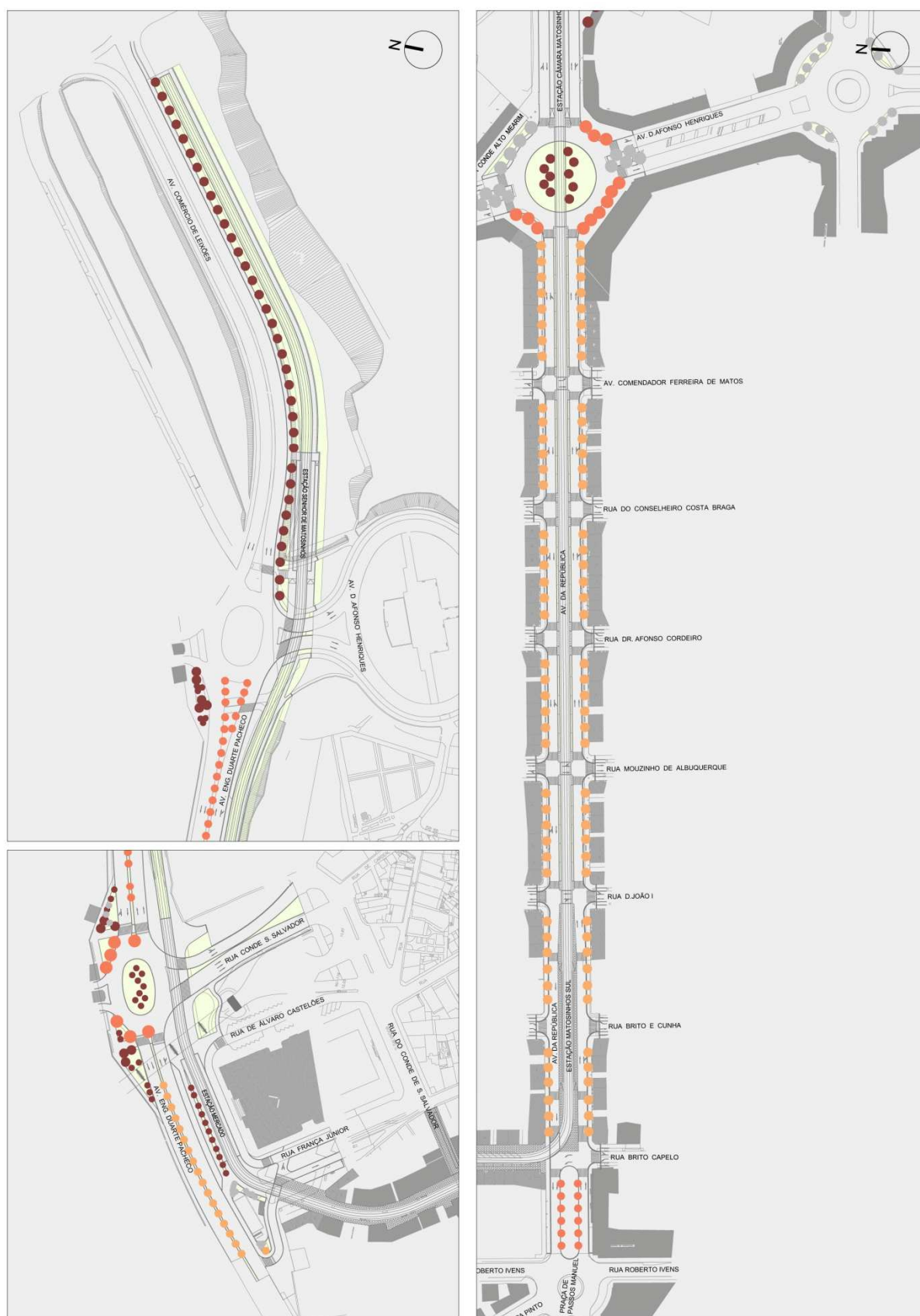


Figura 5.27 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 1 – 1.1.

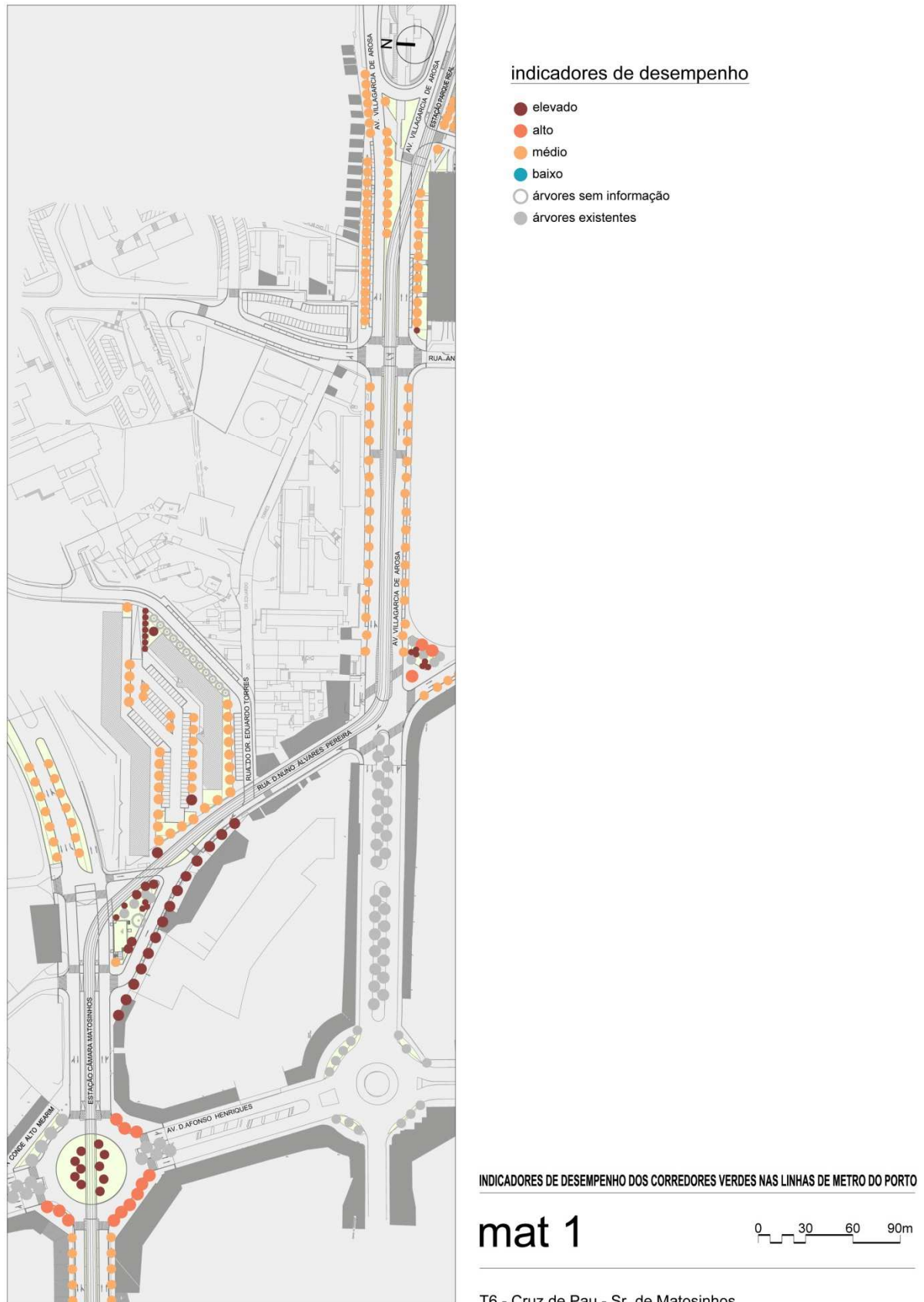


Figura 5.28 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 1 – 1.2.



Figura 5.29 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 2 – 1.1.

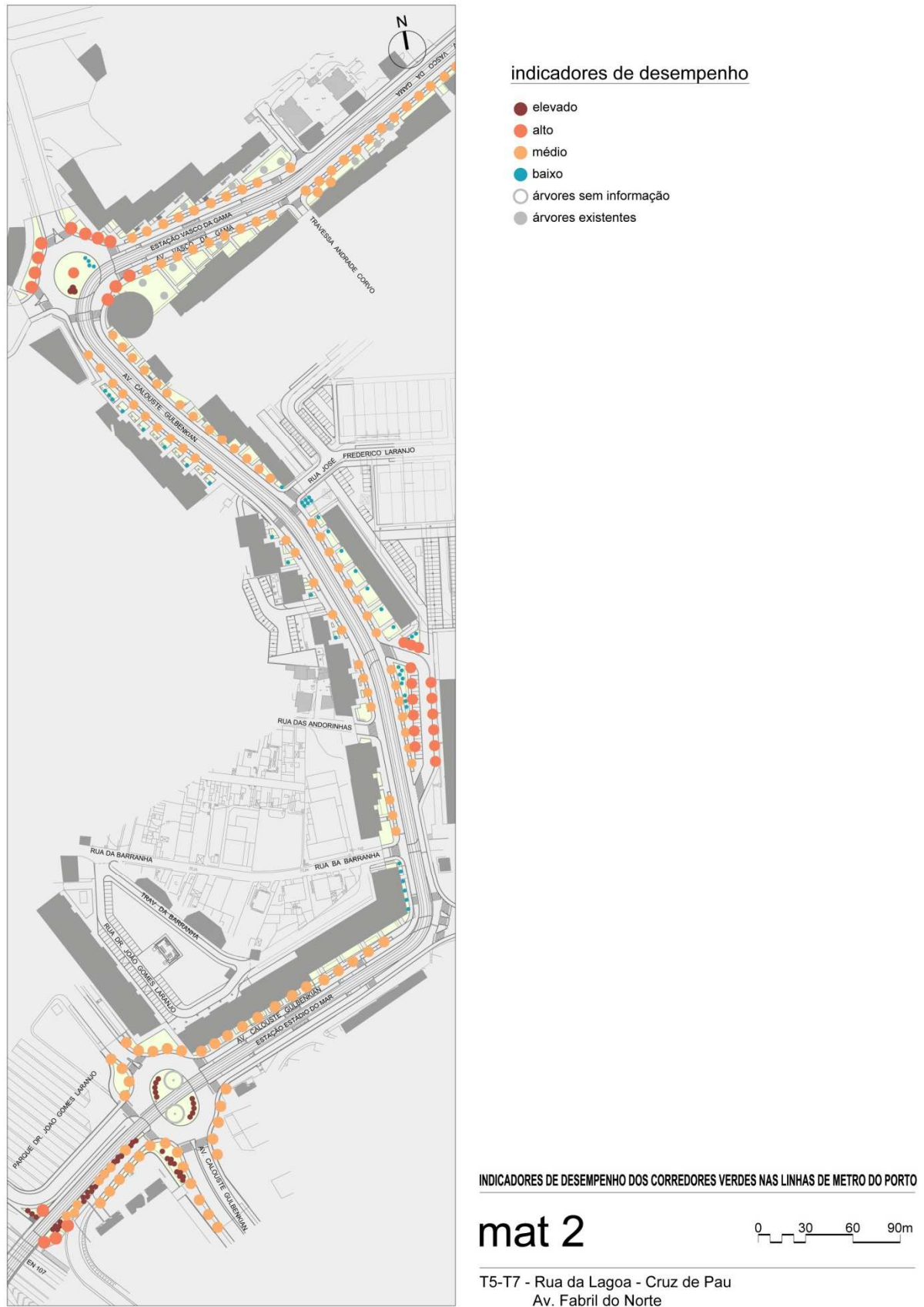


Figura 5.30 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 2 – 1.2.



Figura 5.31 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 2 – 1.3.

indicadores de desempenho

- elevado
- alto
- médio
- baixo
- árvores sem informação
- árvores existentes

INDICADORES DE DESEMPENHO DOS CORREDORES VERDES NAS LINHAS DE METRO DO PORTO

mat 2

0 30 60 90m

T5-T7 - Rua da Lagoa - Cruz de Pau
Av. Fabril do Norte

Figura 5.32 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 2 – 1.4.

No troço MAT 3/MAT 4 (Figuras 5.33, 5.34 e 5.35) verifica-se um elevado número de espécies (cultivares, híbridos) com IDA elevado a médio ao longo das ruas, via do metro e estacionamentos. Ao longo das ruas e via de metro as espécies (cultivares, híbridos) vão apresentar IDA elevado e alto o que vai permitir que a arborização tenha grande legibilidade e continuidade no espaço urbano num curto espaço de tempo. Nos espaços verdes de enquadramento e estacionamentos estão plantadas espécies (cultivares, híbridos) com IDA alto, médio e baixo o que vai permitir o desenvolvimento da arborização ao longo do tempo garantindo sempre definição e leitura dos espaços. O troço MAT 3/MAT 4 tem arborização em contínuo ao longo da linha de metro e que está diretamente relacionada com tipologias de espaço público de circulação.

No troço MAT 5 (Figuras 5.33, 5.36 e 5.37) que corresponde às estações de Pias, Araújo e Custió verifica-se um elevado número de espécies (cultivares, híbridos) com IDA baixo ao longo das ruas, via de metro e estacionamentos o que pode levar à não instalação e crescimento das espécies (cultivares, híbridos) por ocorrerem elevadas taxas de mortalidade ou por os acréscimos médios anuais de crescimento serem muito baixos. Nestas estações dificilmente haverá continuidade e legibilidade da arborização no espaço urbano obrigando a permanentes reposições de árvores mortas. Trata-se de um troço onde a arborização não irá oferecer os desempenhos adequados sendo difícil a sua instalação, tal como o corredor verde não terá continuidade nem definição dos seus limites.

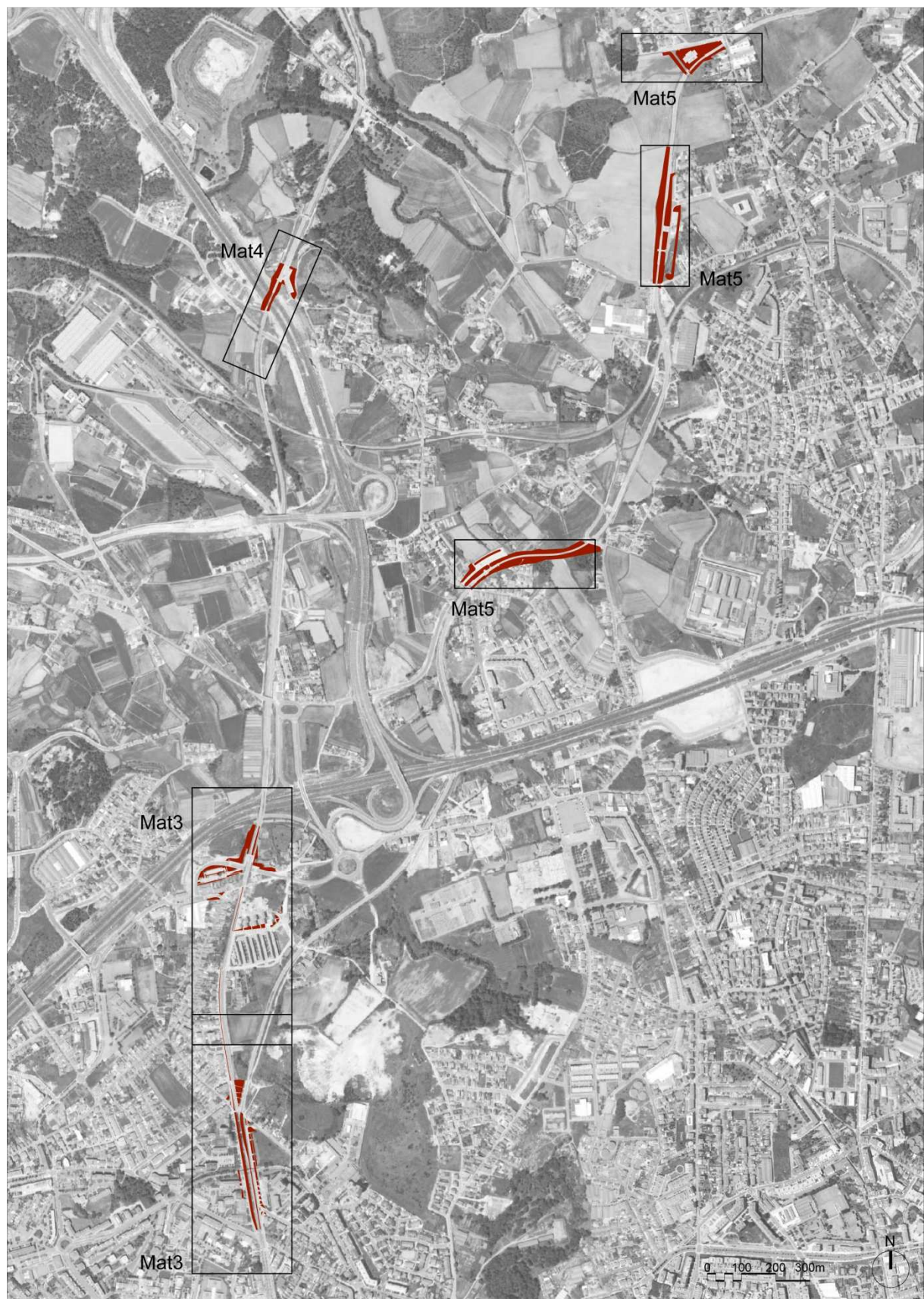


Figura 5.33 Localização dos Troços e Estações de Mat3 a Mat5.

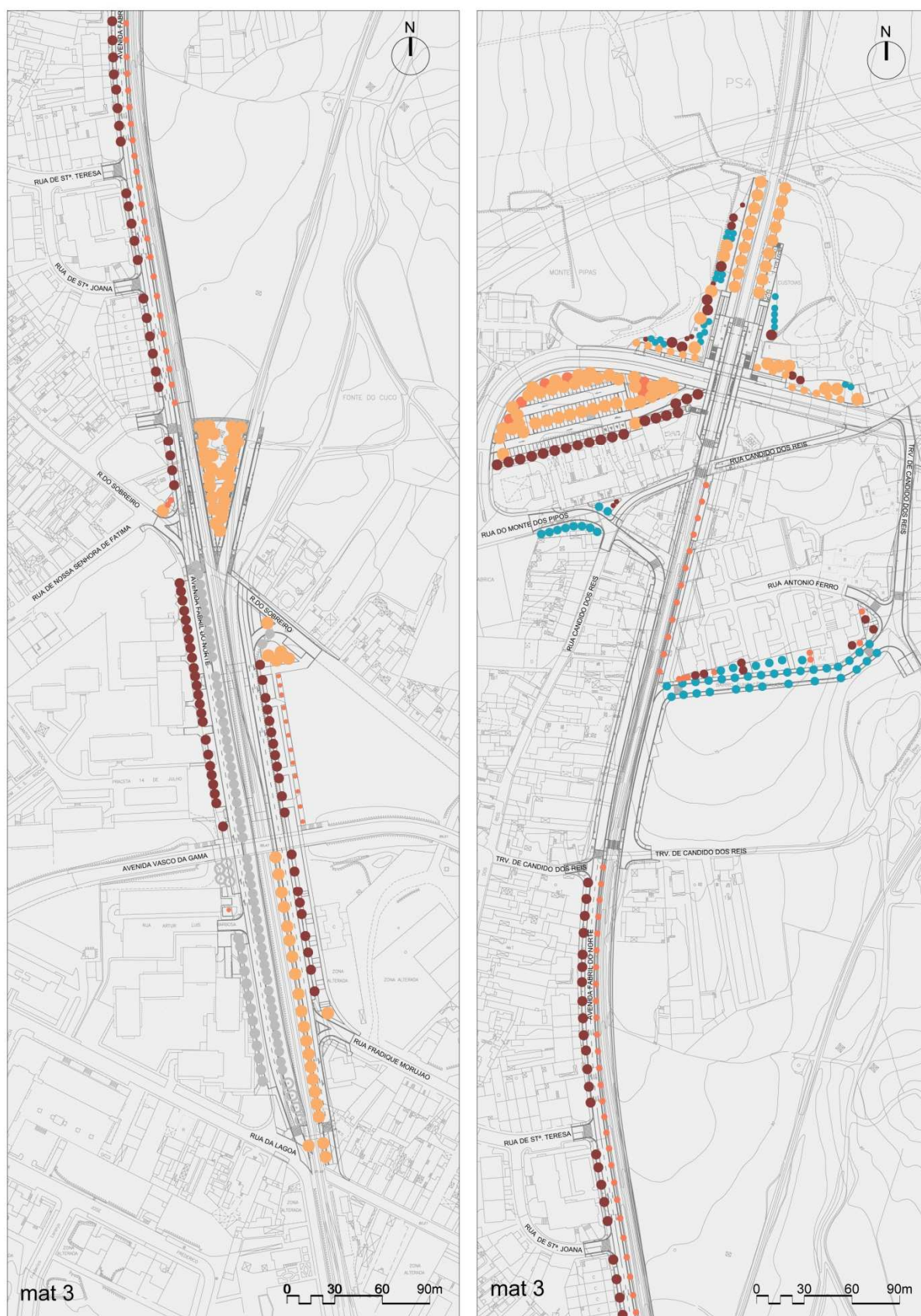


Figura 5.34 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 3/Mat 4 – 1.1.

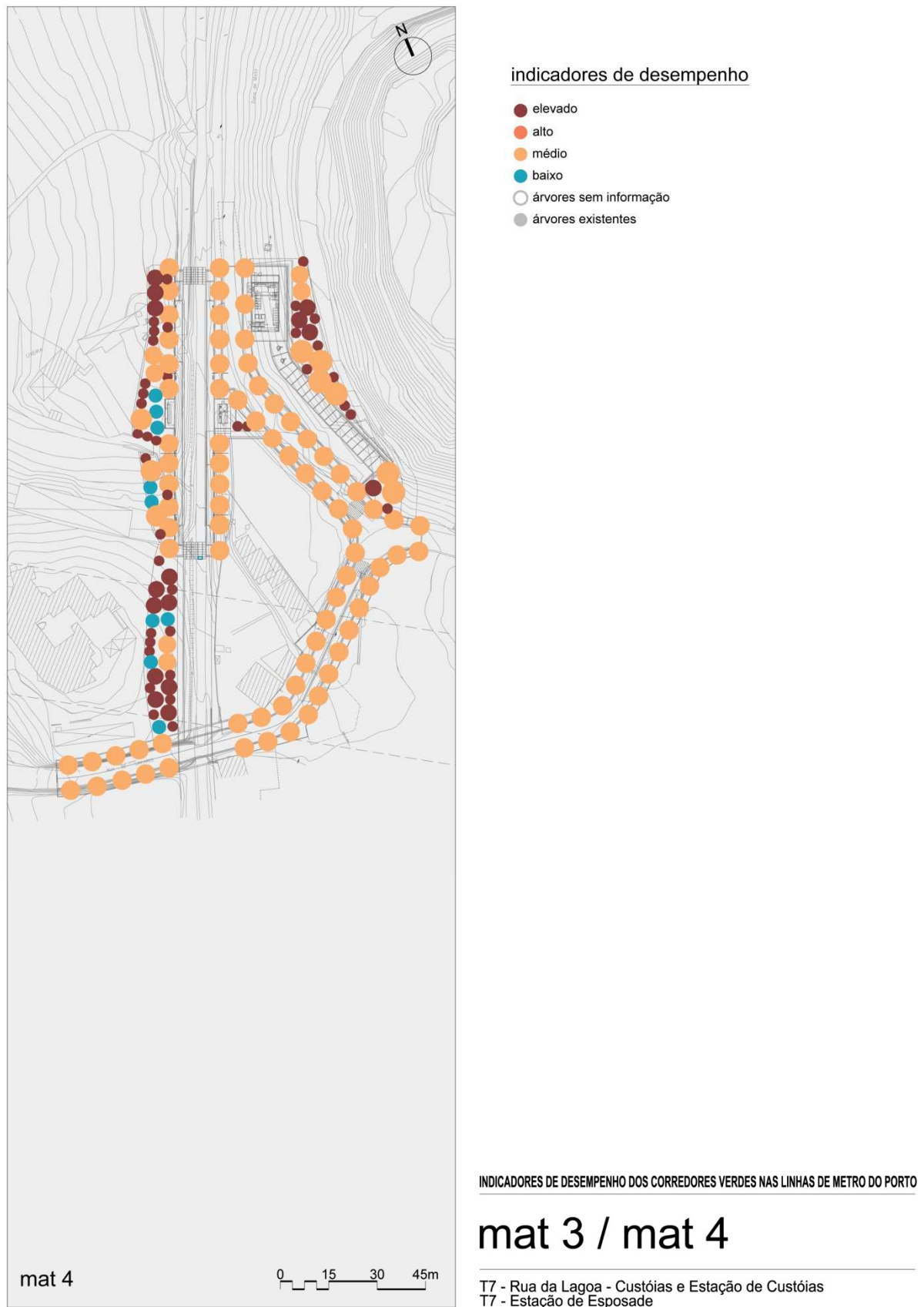


Figura 5.35 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 3/Mat 4 – 1.2.

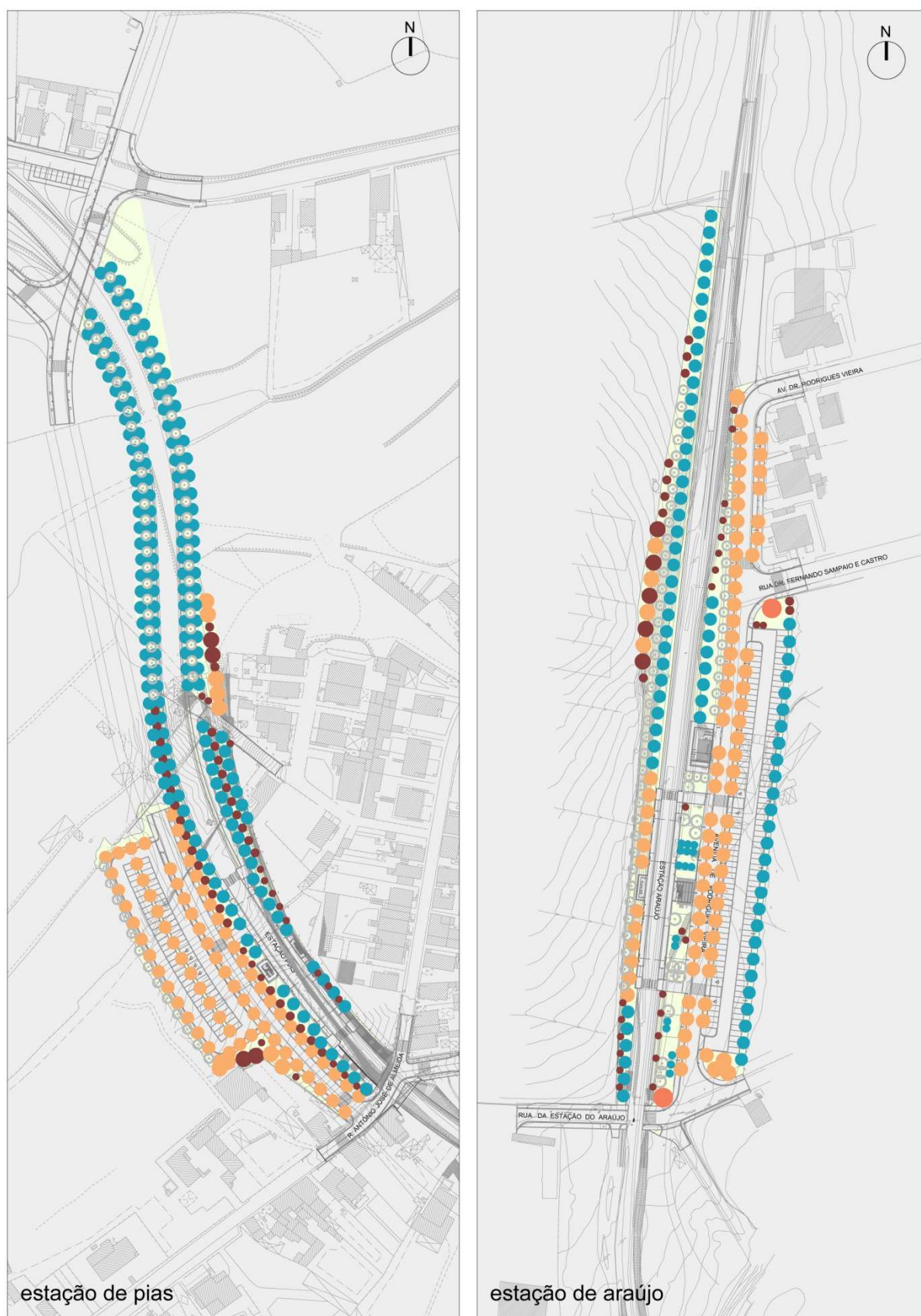


Figura 5.36 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 5 – 1.1.

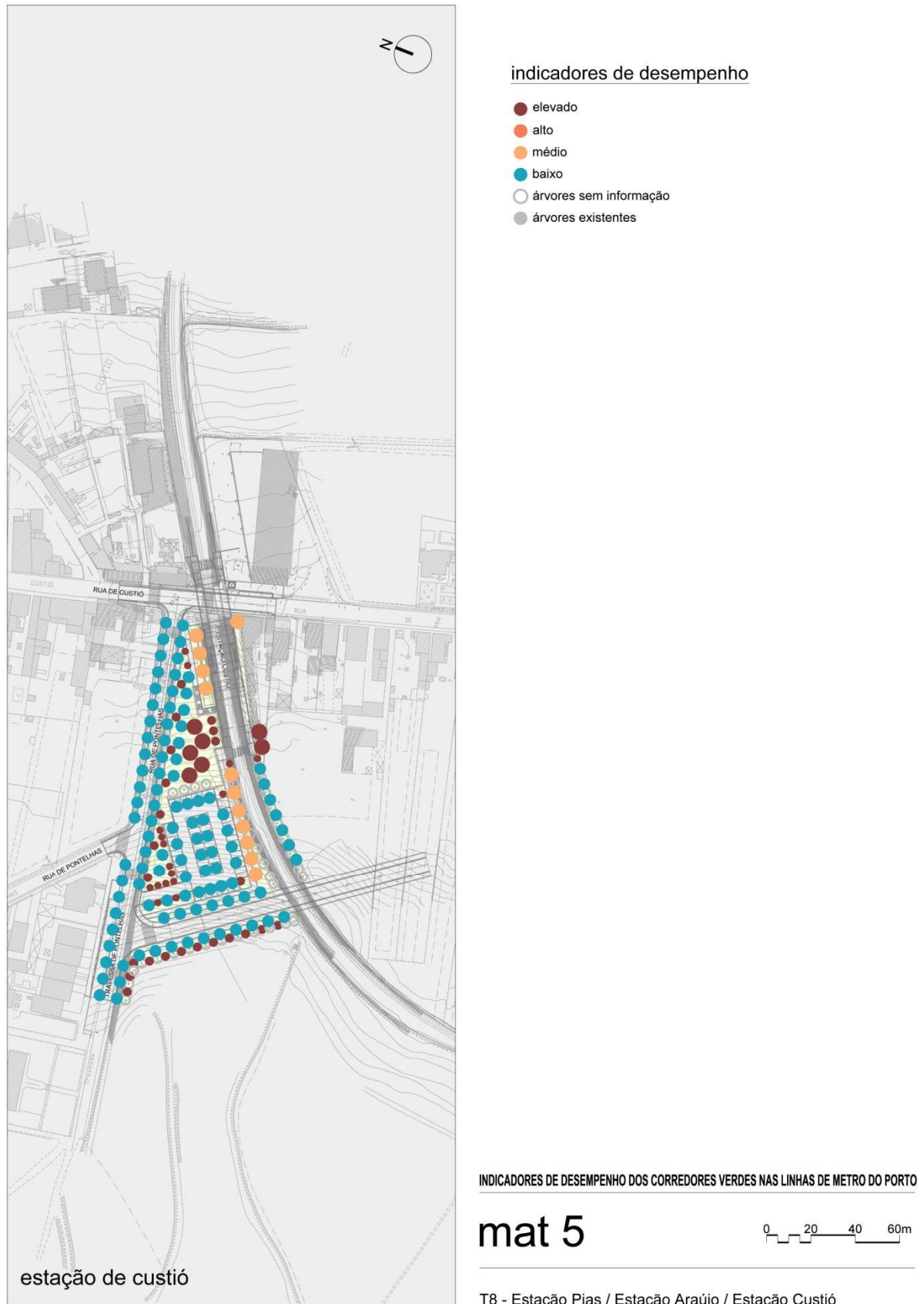


Figura 5.37 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 5 – 1.2.

No troço Maia 1 (Figuras 5.38, 5.39 e 5.40) as espécies (cultivares, híbridos) aplicadas ao longo da rua e via de metro têm IDA elevado e alto ao longo das ruas, via do metro e estações havendo apenas um pequeno espaço onde as espécies (cultivares, híbridos) apresentam IDA médio. Trata-se de um troço da linha do metro do Porto em que a arborização tem desempenho elevado. Esta arborização com acréscimos médios anuais elevados de pap e altura e baixa mortalidade permite a definição da arborização em continuidade e com grande leitura no espaço urbano num curto espaço de tempo. Nos espaços verdes de enquadramento, largos e rotunda surgem espécies (cultivares, híbridos) com IDA médio e baixo. Ao longo de toda a linha de metro da Maia e associado ao sistema de circulação a arborização tem continuidade e está diretamente relacionada com tipologias de espaço público.

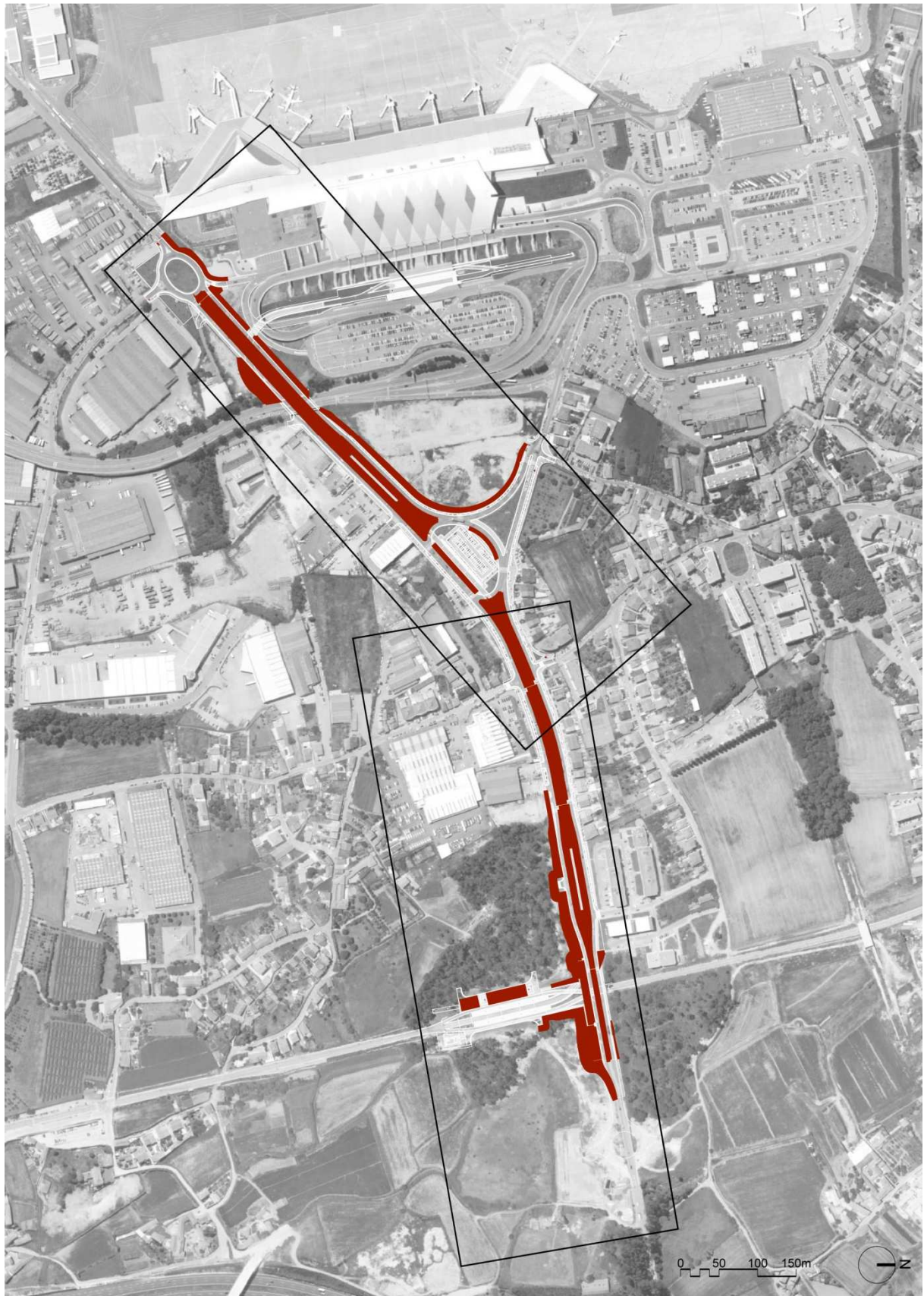


Figura 5.38 Localização dos Troços e Estações de Maia 1.



Figura 5.39 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Maia 1 – 1.1.

indicadores de desempenho

- elevado
- alto
- médio
- baixo
- árvores sem informação
- árvores existentes

INDICADORES DE DESEMPENHO DOS CORREDORES VERDES NAS LINHAS DE METRO DO PORTO

maia 1

0 30 60 90m

Ligação do Metro ao Aeroporto Francisco Sá Carneiro
ao Longo da EN-107

Figura 5.40 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Maia 1 – 1.2.

No troço Gond 1 (Figuras 5.41, 5.42, 5.43, 5.44 e 5.45) é elevado o número de espécies (cultivares, híbridos) com IDA elevado a médio plantadas ao longo das ruas e via de metro oferecendo continuidade na leitura da arborização no espaço urbano. Nos parques de estacionamento são as espécies (cultivar híbrido) com IDA médio que estão plantadas nas caldeiras. As rotundas tal como definido para Matosinhos estão plantadas com árvores com IDA alto e elevado constituindo-se como elementos de referenciação do espaço urbano. Nos espaços verdes de enquadramento, parques e jardins para além das árvores com IDA alto e médio existe um elevado número de espécies (cultivares, híbridos) para as quais não se tem IDA porque não estando construída a linha à data de levantamento não foi possível obter indicadores para estas espécies (cultivares, híbridos) razão pela qual se encontram indicadas a cinzento. Outras espécies (cultivares, híbridos) que se encontram a cinzento correspondem exemplares pré-existentes que foram preservados e integrados nos espaços verdes. No entanto face aos IDA das árvores plantadas ao longo dos arruamentos, via de metro e rotundas, a arborização assegura continuidade ao longo da linha de metro e conectividade com outros espaços verdes e está diretamente relacionada com tipologias de espaço público de circulação.

Em todos os troços se verifica que as espécies (cultivares, híbridos) apresentam IDA que permitem que a instalação da arborização estabeleça continuidade ao longo das linhas de metro assegurando ligações entre diferentes tipologias de espaços públicos conferindo multifuncionalidade a estes corredores verdes. A única exceção verifica-se no troço MAT 5 onde a arborização pode não conseguir estabelecer continuidade.

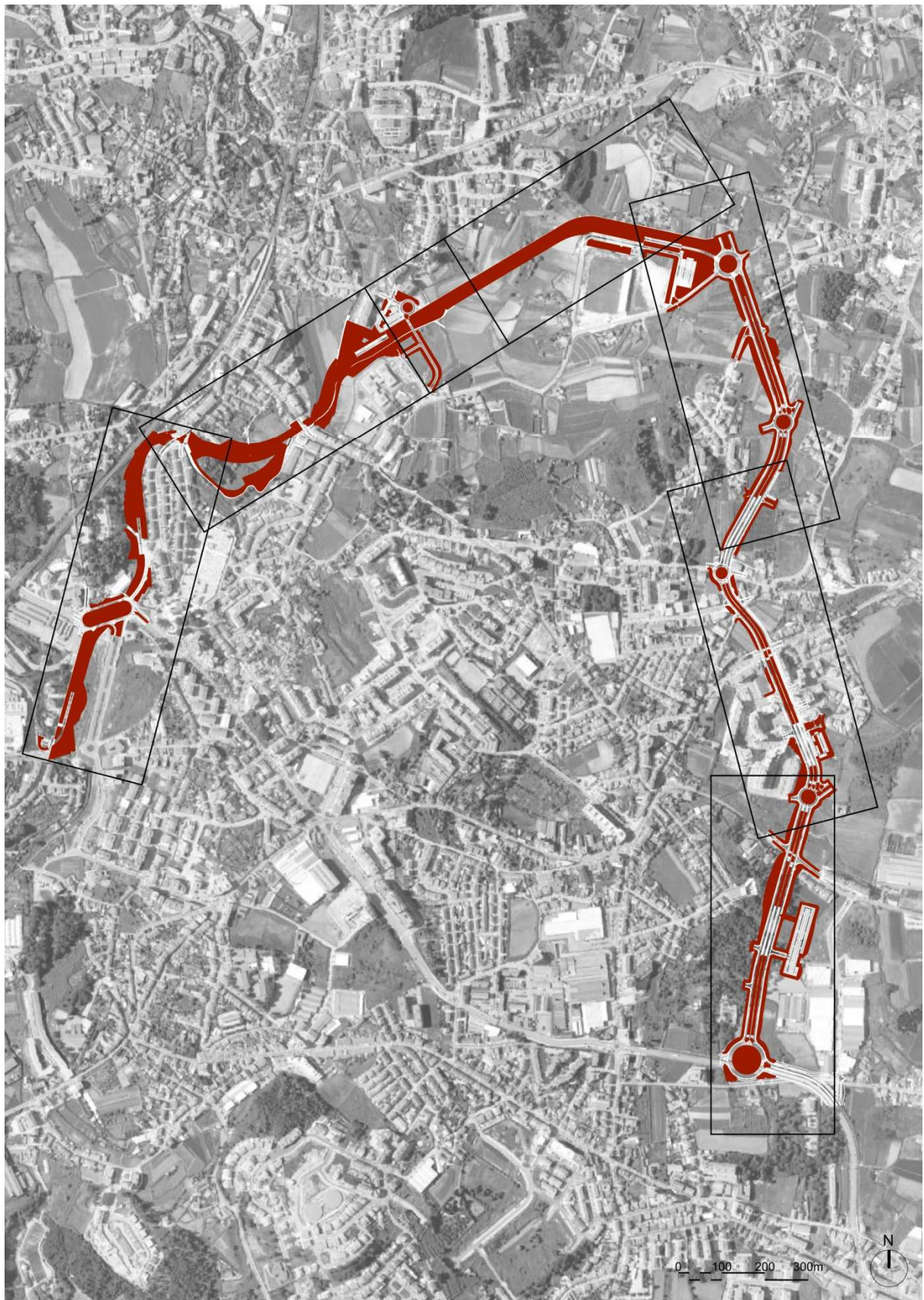


Figura 5.41 Localização dos Troços e Estações de Gond 1.



Figura 5.42 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Gond 1 – 1.1.

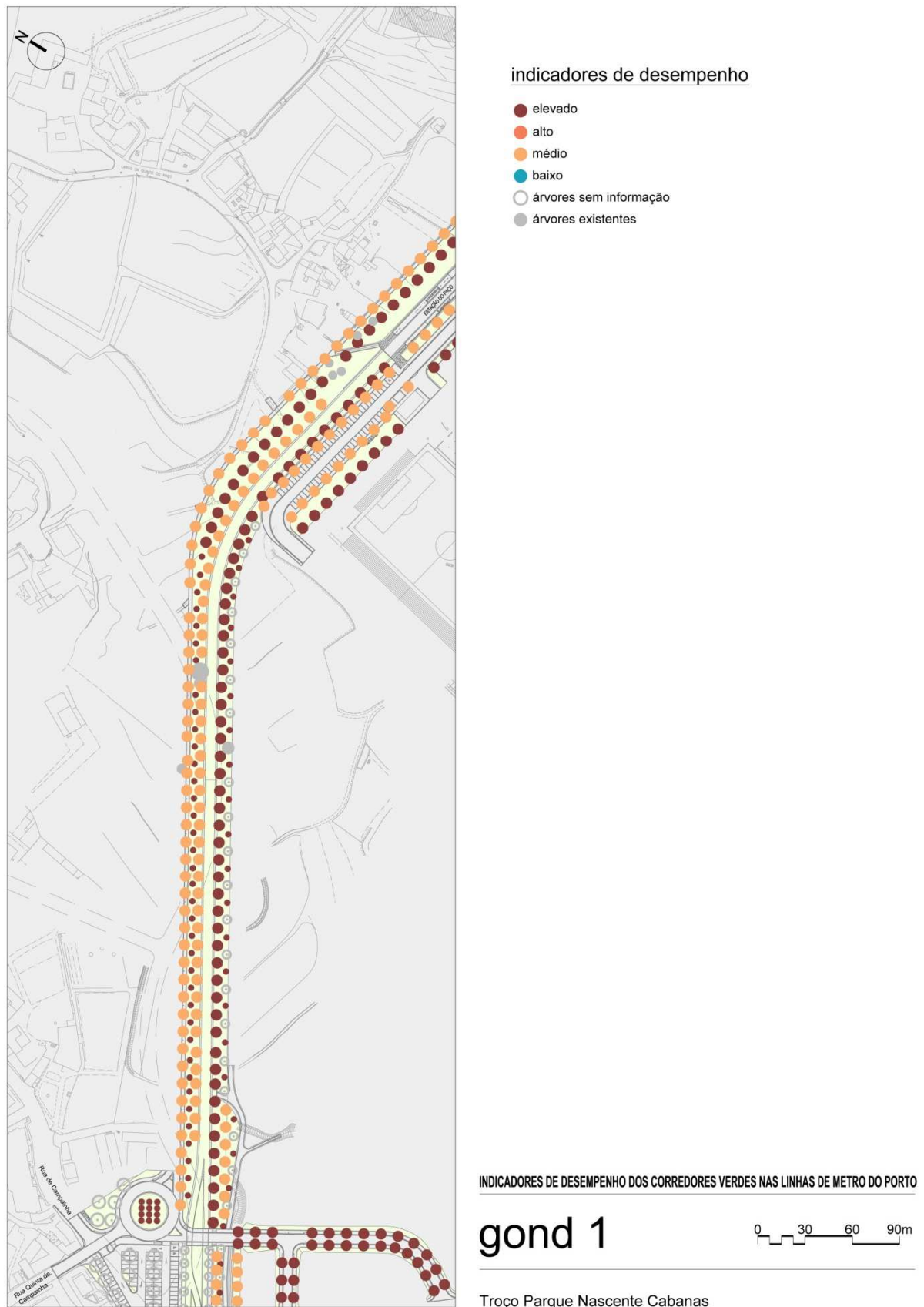


Figura 5.43 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Gond 1 – 1.2.



Figura 5.44 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Gond 1 – 1.3.



Figura 5.45 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Gond 1 – 1.4.

Na figura 5.46 indicam-se os desempenhos das linhas de metro face à percentagem de espécies (cultivares, híbridos) com IDA de elevado a baixo que estão plantadas ao longo de cada linha de metro.

O Corredor Verde da linha de metro de Matosinhos apresenta desempenho médio porque um elevado número de espécie (cultivar, híbrido) que se encontram plantadas ao longo da linha apresentam IDA médio (40,8%). Relativamente à instalação deste corredor verde no espaço urbano haverá necessidade de um maior número de anos para o seu desenvolvimento dado as espécies (cultivares, híbridos) apresentarem menores acréscimos médios anuais de pap e altura e maior necessidade de reposições por apresentarem maior taxa de mortalidade. No entanto, verifica-se ser grande o número de espécies (cultivares, híbridos) com IDA elevado (24,2%) e alto (12%) neste corredor verde.

O Corredor Verde da linha de metro da Maia apresenta desempenho alto a elevado verificando-se ser um corredor verde que se instala no espaço urbano num curto espaço de tempo sendo rapidamente legível e que não necessita de grande número de substituições de árvores dada a taxa de mortalidade ser baixa. A percentagem de árvores com IDA alto é de 53% e com IDA elevado de 31%.

O Corredor Verde da linha de metro de Gondomar apresenta desempenho alto verificando-se ser um corredor verde que tal como o da Maia se instala no espaço urbano num curto espaço de tempo sendo rapidamente legível. Apresenta um elevado número de árvores indicadas como sem informação porque não se dispunham de IDA para *Alnus glutinosa*, *Acer rubrum*, *Carpinus betulos* “Frans Fontaine”, *Liriodendron tulipifera* e *Populus alba*. A percentagem de árvores com IDA alto é de 28% e com IDA elevado de 22%.

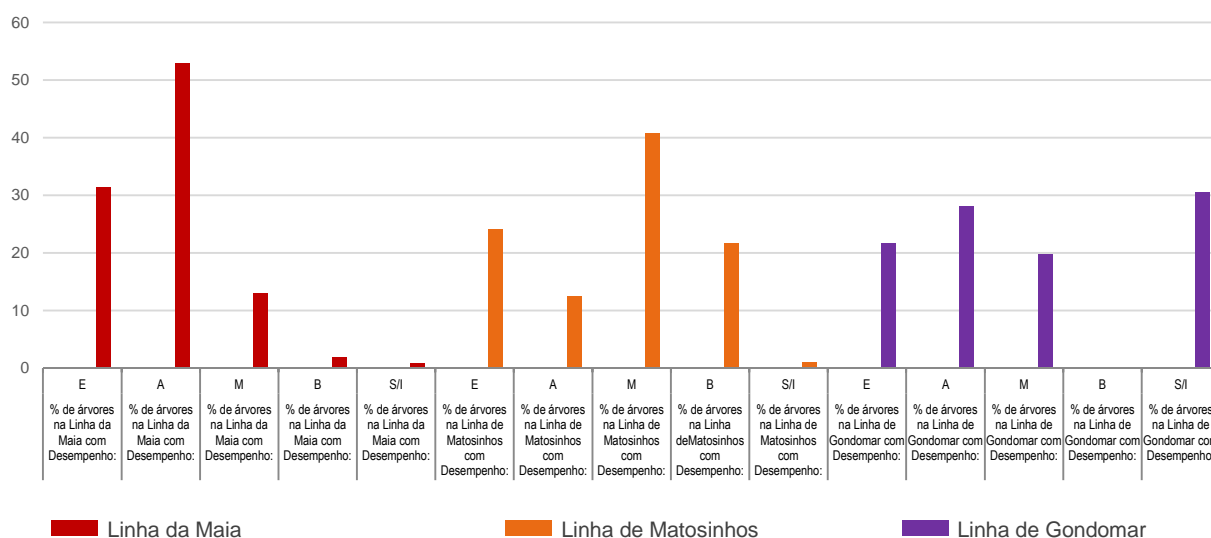


Figura 5.46 Desempenho das linhas de metro do Porto: Maia, Matosinhos e Gondomar.

Apresentam-se de seguida simulações que permitem antecipar o desenvolvimento da arborização a dez anos e em pleno estado de maturidade (crescimento máximo). Dadas as condições ambientais e ações humanas que decorrem em espaço urbano as árvores plantadas nestes espaços têm um período expectável de vida inferior ao das árvores plantadas em espaços naturais ou rurais, pelo que em espaço urbano se espera que as árvores se instalem, cresçam e cheguem ao estado de maturidade (crescimento máximo) num menor número de anos do que ocorre nos espaços naturais ou rurais como referido no capítulo 3. Considerando-se que as árvores possam ter uma expectativa de vida em espaço urbano de 40 a 60 anos, podendo esta ser inferior quando as árvores se encontrem plantadas em áreas centrais e comerciais, estipulou-se a realização de simulações para um período de 10 anos após plantação por este corresponder a um período considerável da vida da árvore e ser possível entender a contribuição das árvores na legibilidade e valorização estética do espaço urbano. Nas simulações a dez anos as alturas das espécies (cultivares, híbridos) (Figuras de 5.47 a 5.62) foram estabelecidas a partir dos acréscimos médios anuais de altura de cada espécie (cultivar, híbrido) (Figura 5.6), tendo como ponto de partida a altura da espécie (cultivar, híbrido) na fase de instalação. As alturas para as espécies (cultivares, híbridos) em pleno estado de maturidade (crescimento máximo) tiveram por base as alturas indicadas nos livros *A Árvore em Portugal* (1999) de Francisco Caldeira Cabral e Gonçalo Ribeiro Telles e *Árvores e Arbustos em Portugal* (2008) de José Marques Moreira por se considerar que estas publicações refletem o desenvolvimento da arborização em Portugal. Quando as publicações referidas não indicavam as alturas para determinadas espécies (cultivar, híbridos) recorreu-se a *El Árbol en Jardinería y Paisajismo* de Francesc Naves Viñas.

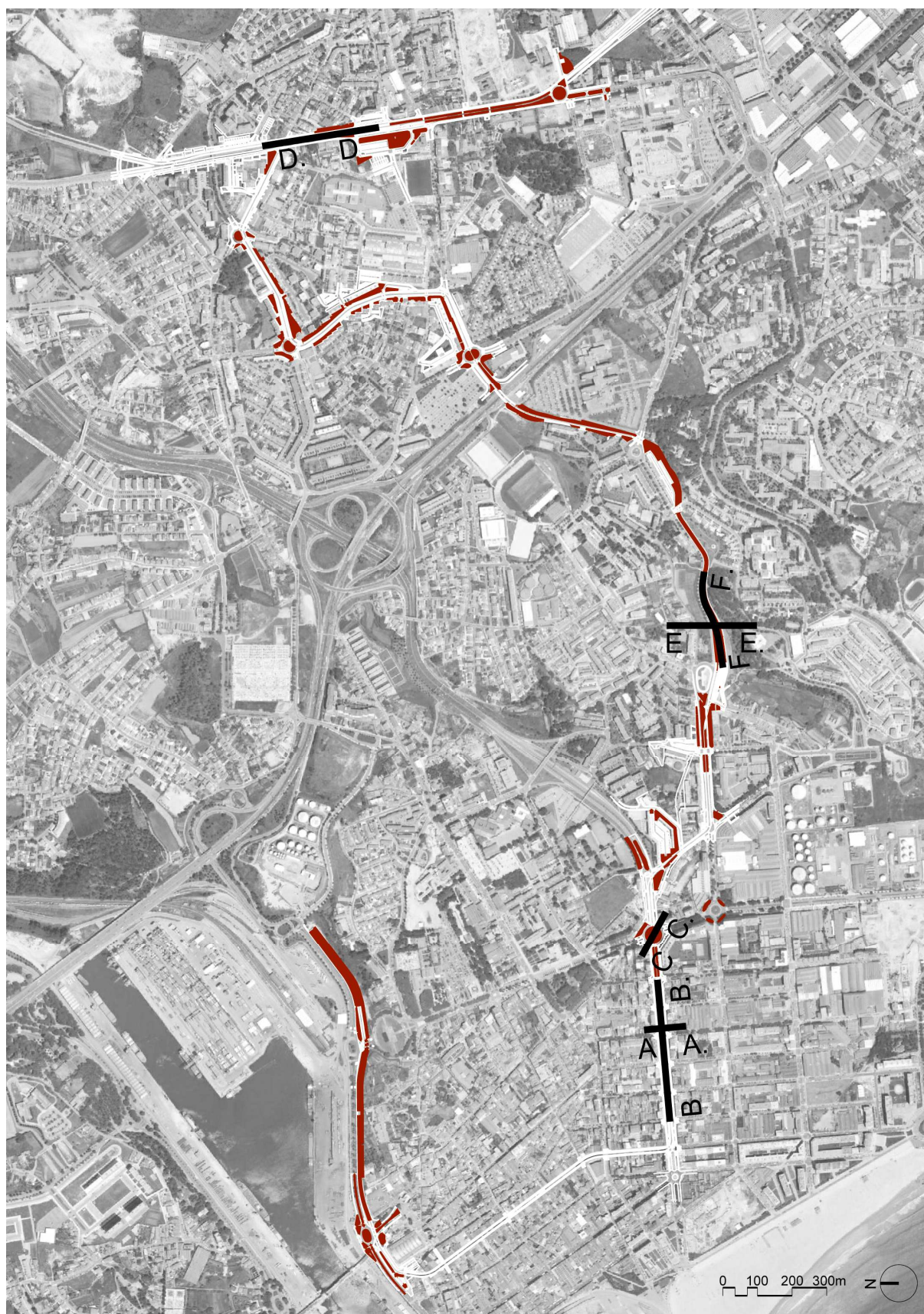


Figura 5.47 Localização dos cortes de Mat1 a Mat2.

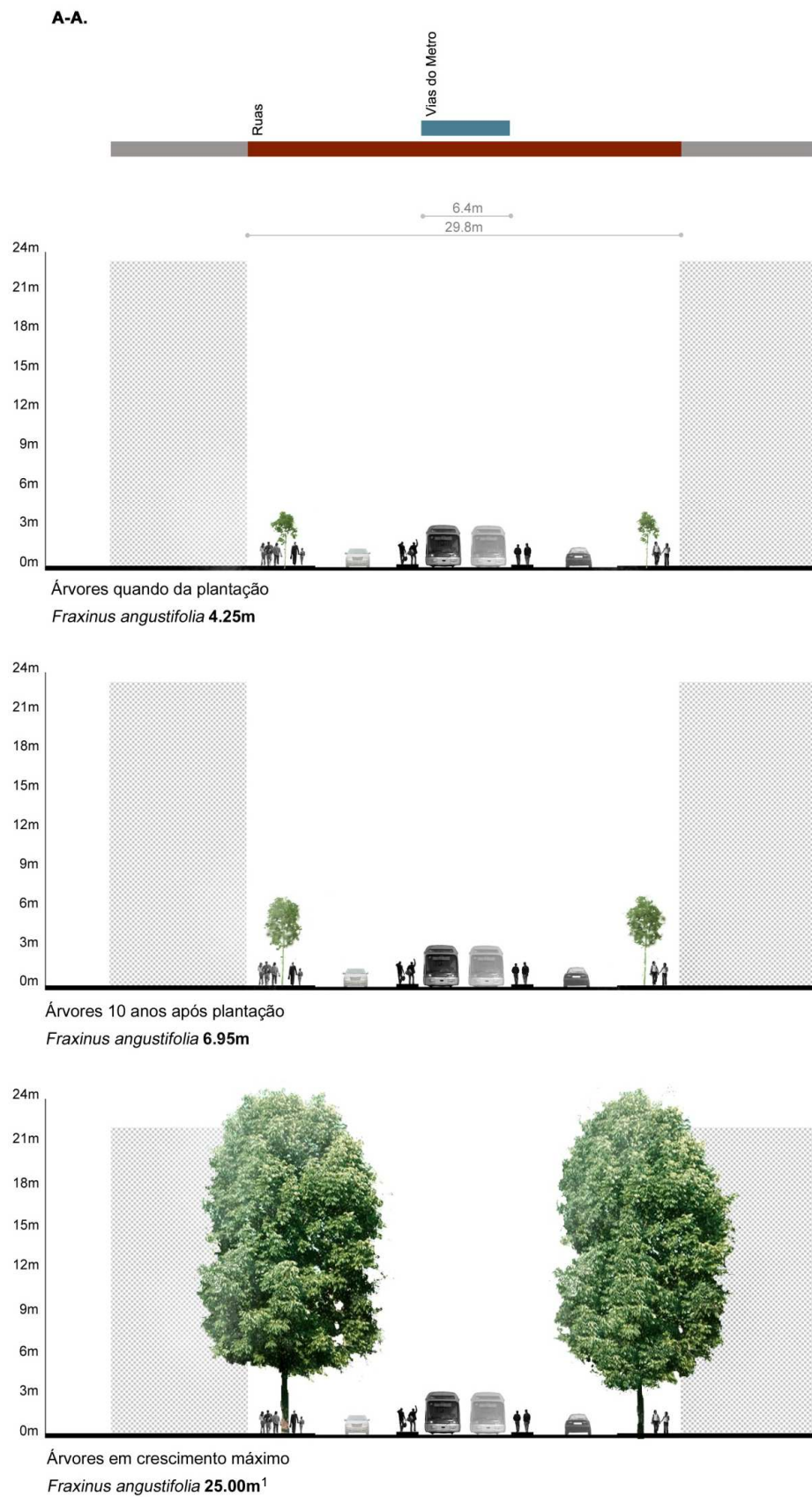


Figura 5.48 Mat1 a Mat2 - Corte A-A.

Altura das árvores em crescimento máximo de acordo com:
1 - Moreira, 2008



Figura 5.49 Mat1 a Mat2 - Corte B-B.

Altura das árvores em crescimento máximo de acordo com:
1 - Moreira, 2008



Figura 5.50 Mat1 a Mat2 - Corte C-C.

Altura das árvores em crescimento máximo de acordo com:
 1 - Moreira, 2008

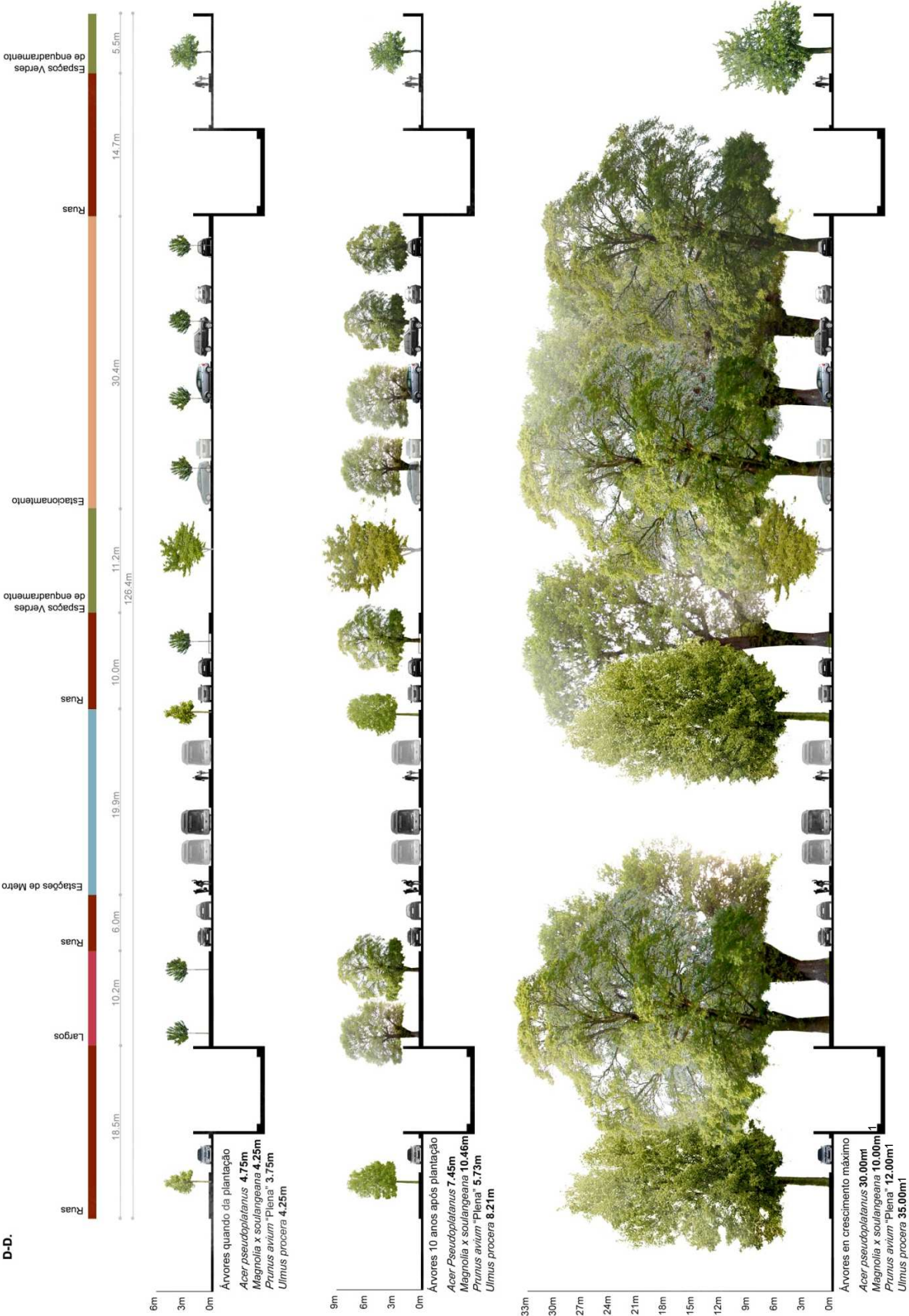


Figura 5.51 Mat1 a Mat2 - Corte D-D.

Altura das árvores em crescimento máximo de acordo com:
1 - Moreira, 2008

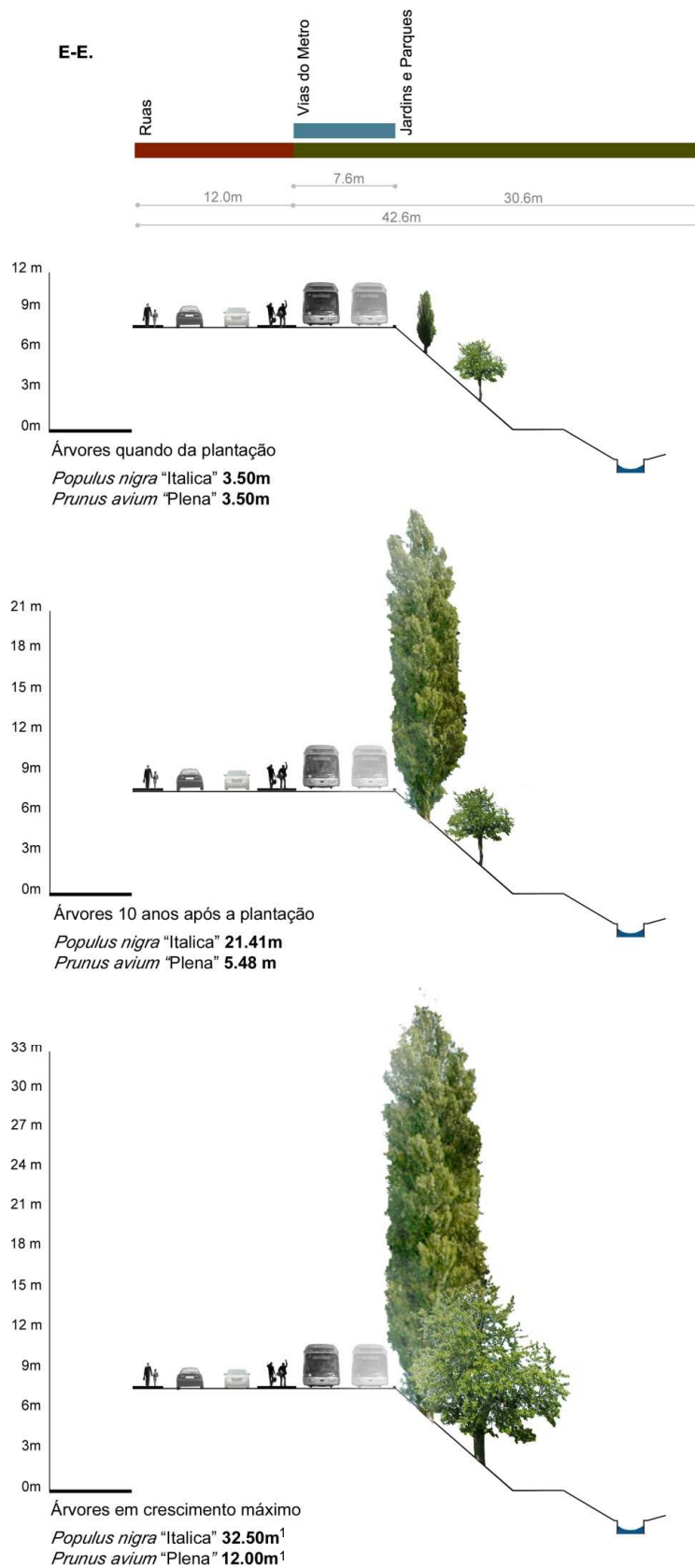


Figura 5.52 Mat1 a Mat2 - Corte E-E.

Altura das árvores em crescimento máximo de acordo com:
1 - Moreira, 2008



Figura 5.53 Mat1 a Mat2 - Corte F-F.

Altura das árvores em crescimento máximo de acordo com:

1 - Moreira, 2008

2 - Cabral e Telles, 1999



Figura 5.54 Localização dos cortes em Gond1.

A-A.

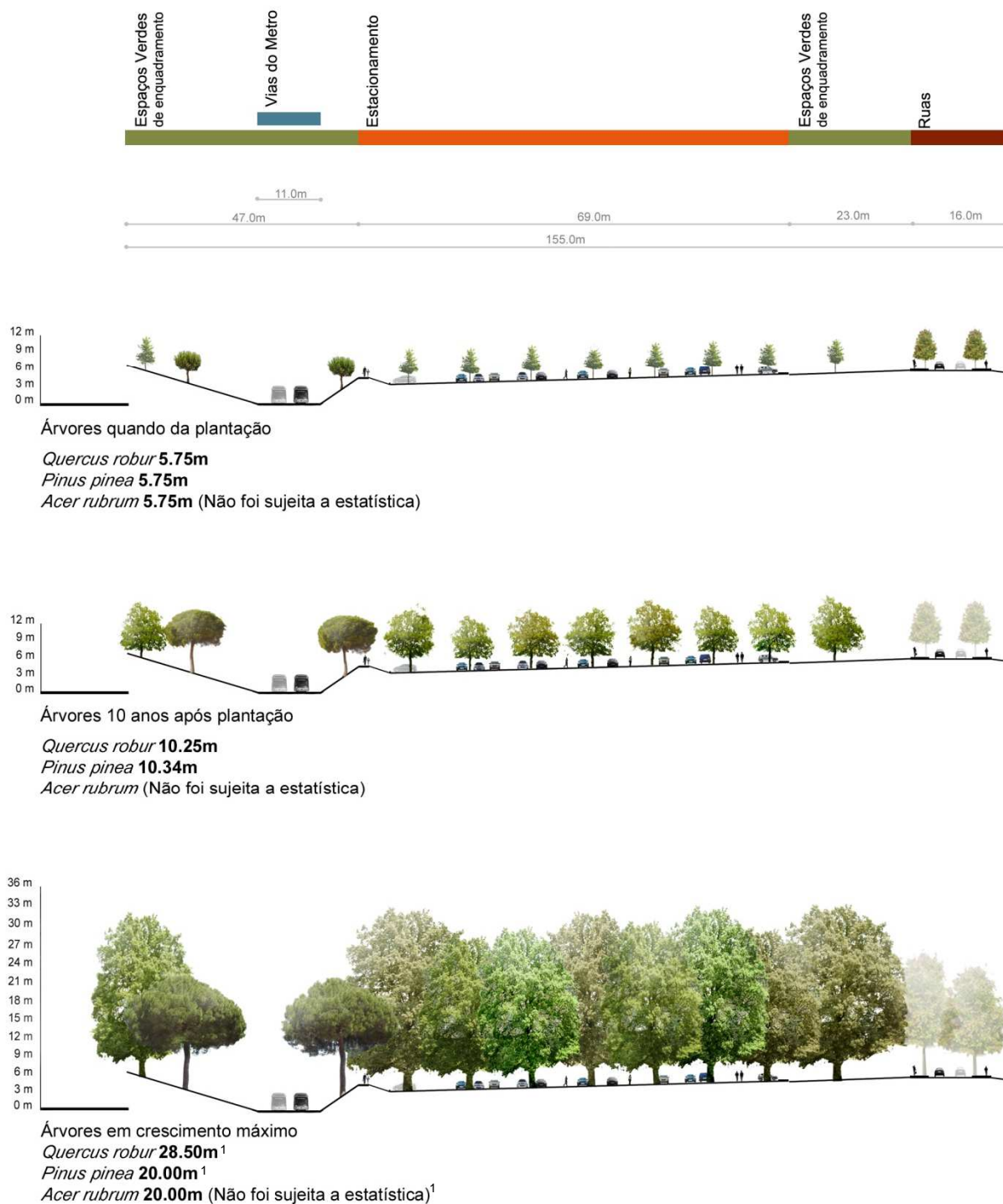


Figura 5.55 Gond1 - Corte A-A.

Altura das árvores em crescimento máximo de acordo com:
1 - Moreira, 2008

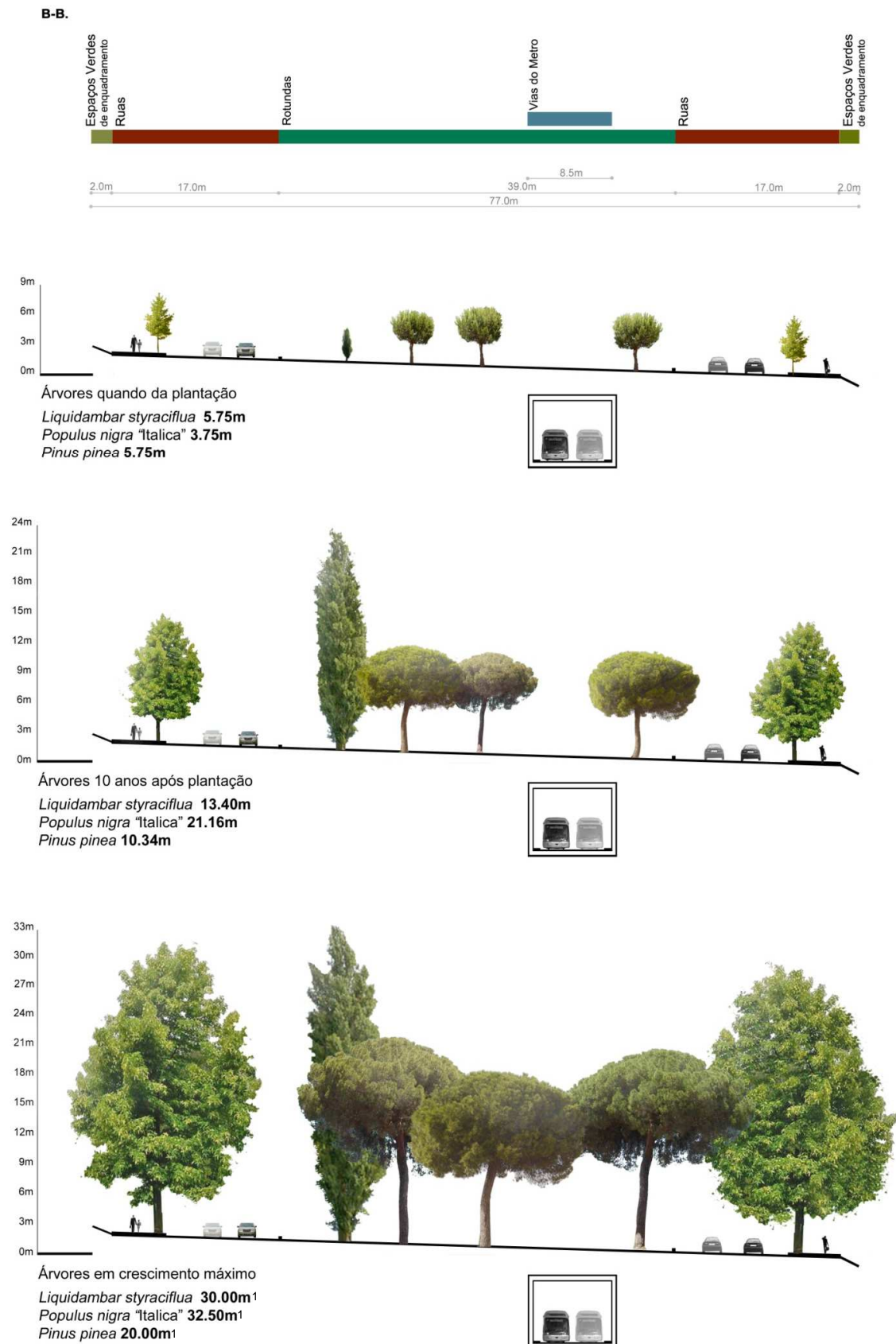


Figura 5.56 Gond1 - Corte B-B.

Altura das árvores em crescimento máximo de acordo com:
 1 - Moreira, 2008

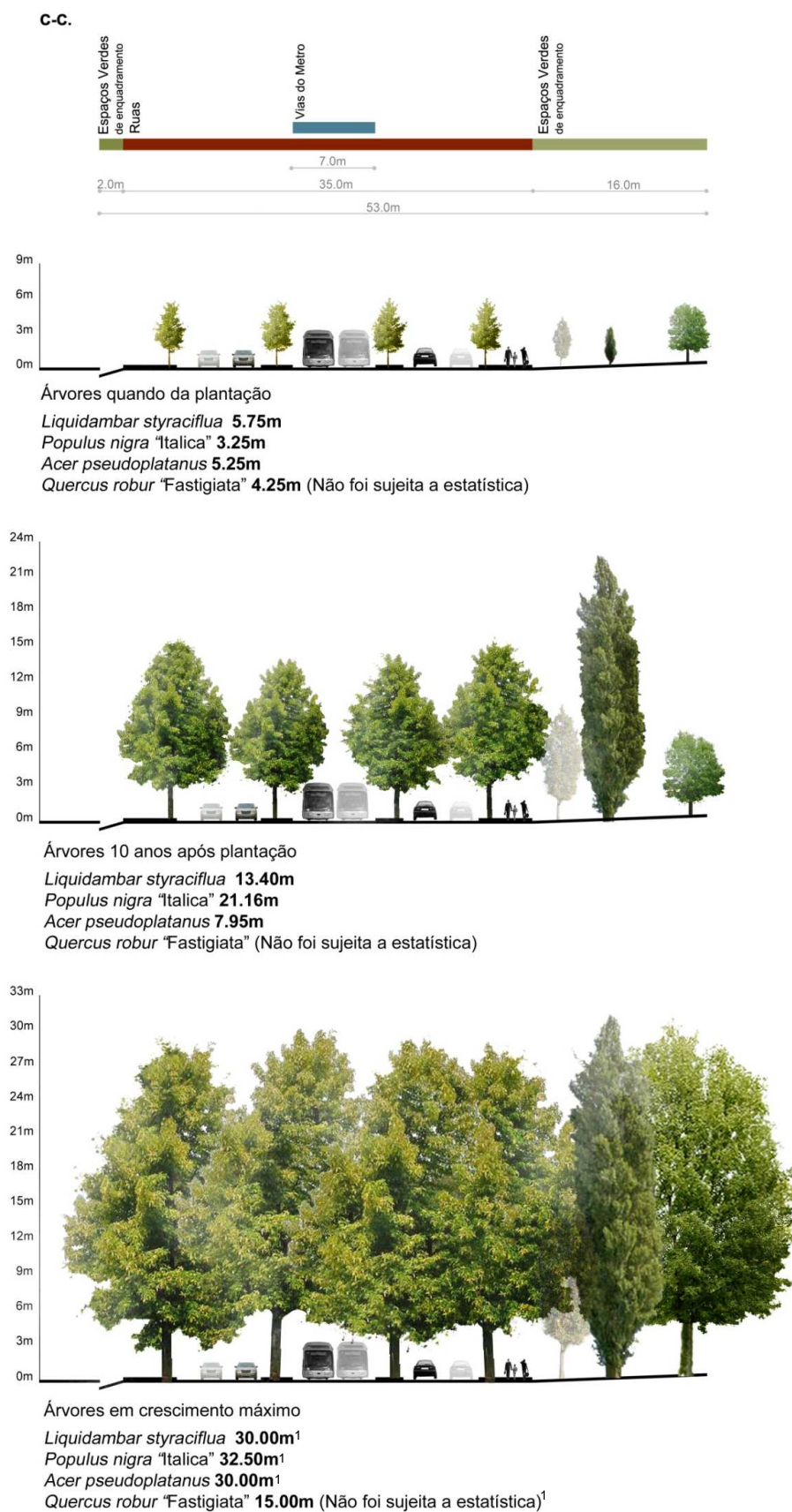


Figura 5.57 Gond1 - Corte C-C.

Altura das árvores em crescimento máximo de acordo com:
1 - Moreira, 2008



Figura 5.58 Gond1 - Corte D-D.

Altura das árvores em crescimento máximo de acordo com:
1 - Moreira, 2008

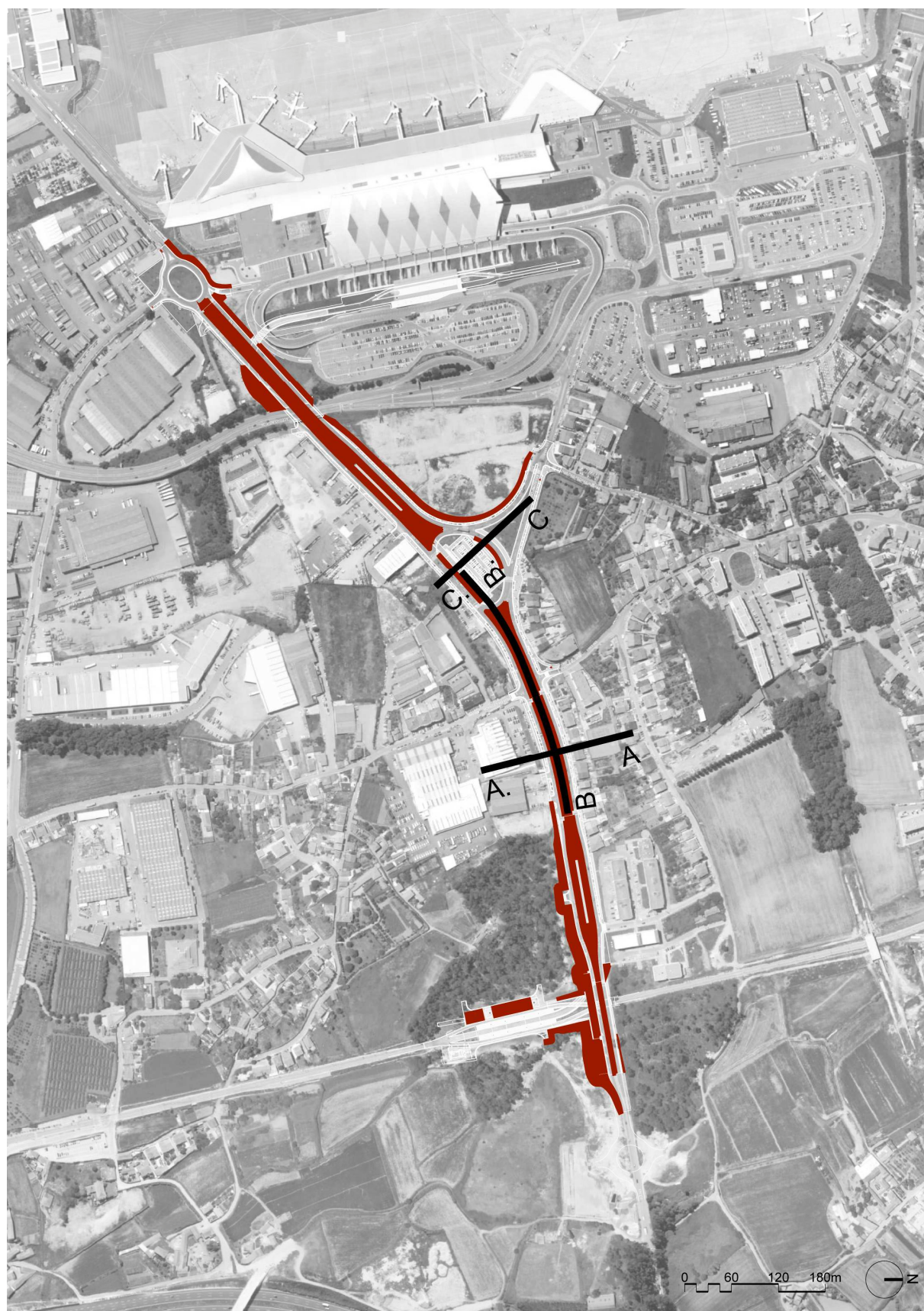


Figura 5.59 Localização dos cortes em Maia 1.



Figura 5.60 Maia 1 - Corte A-A.

Altura das árvores em crescimento máximo de acordo com:

- 1 - Moreira, 2008
- 3 - Viñas, 1992

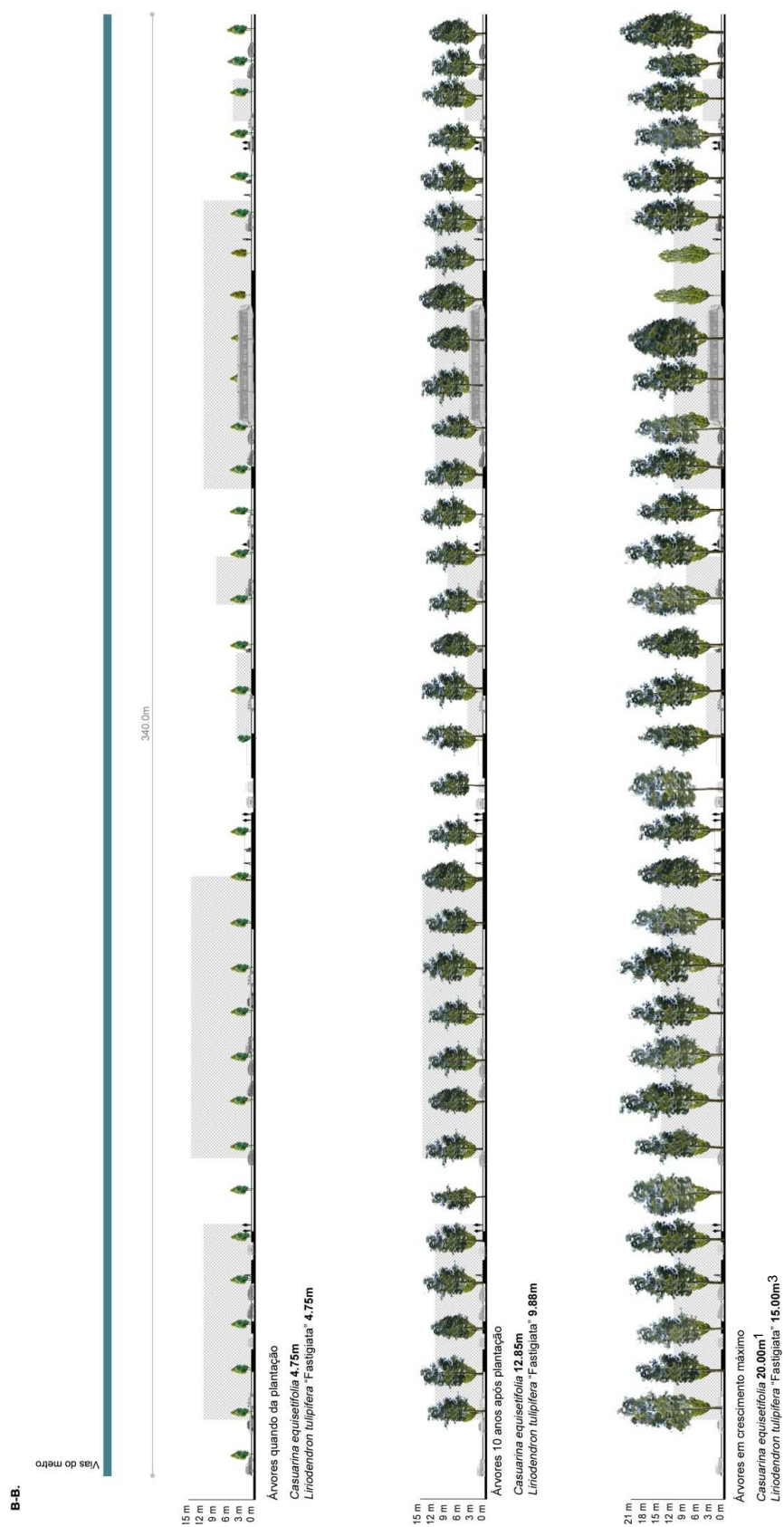


Figura 5.61 Maia 1 - Corte B-B.

Altura das árvores em crescimento máximo de acordo com:

1 - Moreira, 2008

3 - Viñas, 1992

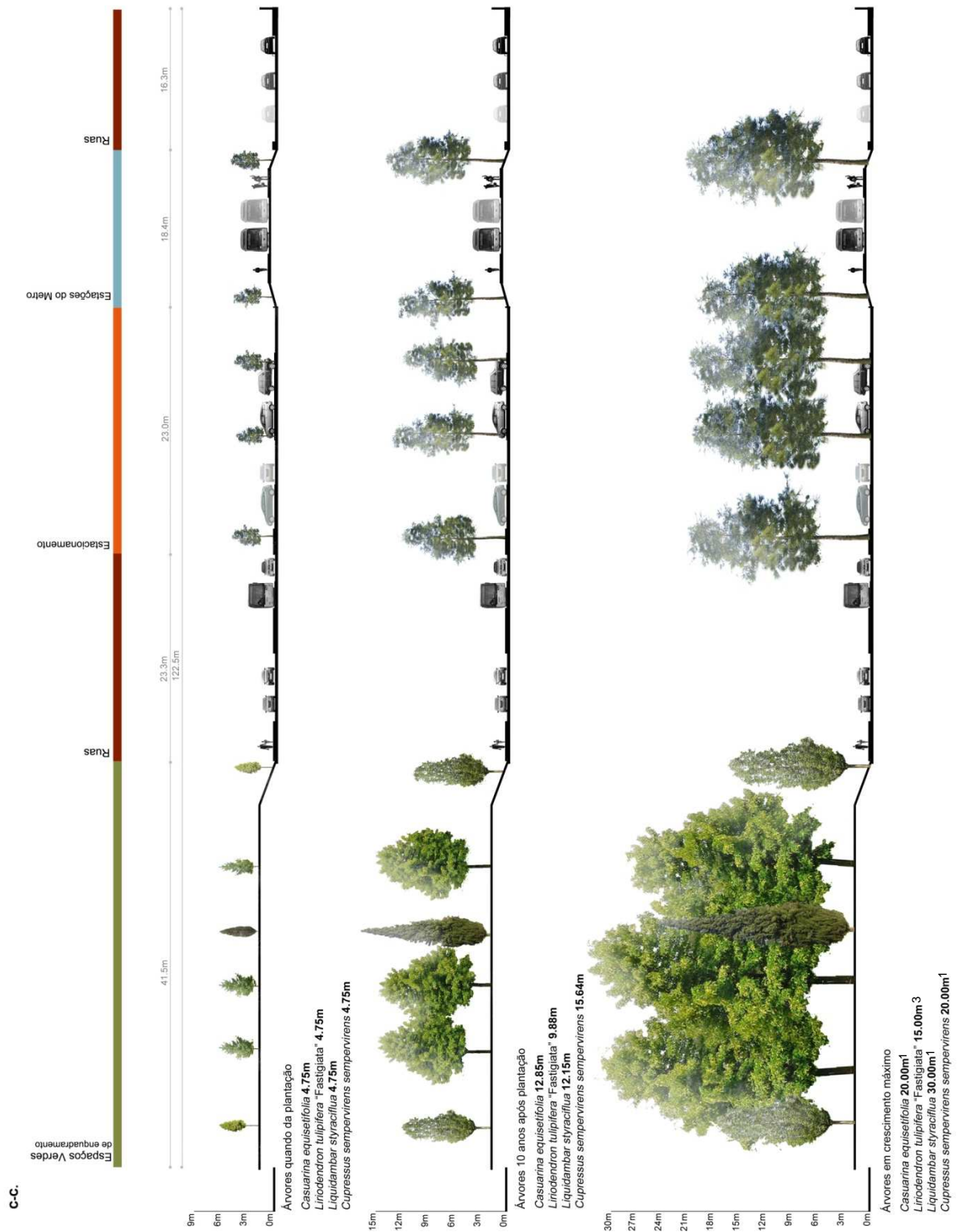


Figura 5.62 Maia 1 - Corte C-C.

Altura das árvores em crescimento máximo de acordo com:

- 1 - Moreira, 2008
- 3 - Viñas, 1992

Em Matosinhos onde se tem um corredor verde com desempenho médio as árvores plantadas em alinhamento ao longo de ruas, estacionamento e via de metro apresentam IDA de baixo a elevado. Nos cortes A-A. e B-B. situados na avenida de República aplicaram-se árvores com IDA médio verificando-se que 10 anos após a plantação se definiu continuidade e ritmos. No entanto ainda não foram definidos limites e escala capazes de conferirem legibilidade à arborização no espaço urbano. Sendo uma composição linear realizada com uma única espécie os aspetos relacionados com cores, texturas, volumes e opacidade não estão devidamente explorados como elementos de valorização estética da arborização em espaço urbano (Figuras 5.47, 5.48, 5.49).

As Figuras 5.50 e 5.51 correspondem aos cortes C-C. e D-D. situados respetivamente na rotunda da avenida D. Afonso Henrique e na estação da Senhora da Hora com plantação de árvores em alinhamento em estacionamento, largos, via de metro, rua e rotunda em diversidade de espécies (cultivares, híbridos) de IDA médio a elevado verificando-se nas simulações que 10 anos após a plantação existe legibilidade e valorização estética do espaço que é dada pela escala, densidade da plantação e diversidade de volumes, texturas e cores. Ainda em Matosinhos os cortes E-E. e F-F. realizados no Parque Urbano de Real refletem plantações com diversidade de espécies (cultivares, híbridos) com IDA baixo, médio, alto e elevado. As árvores com IDA baixo são representadas a cinzento porque têm elevada probabilidade de morrer. Verifica-se que 10 anos após plantação o espaço encontra-se definido dada a presença de um elevado número de espécie (cultivar, híbrido) com IDA alto e elevado. Este espaço de parque ao fim de 10 anos oferece legibilidade pela continuidade, escala e densidade de arborização tal como valoriza esteticamente o espaço pela elevada diversidade de cores, texturas e volumes (Figuras 5.52, 5.53).

A linha de Matosinhos insere-se sobre espaço urbano consolidado e espaço urbano fragmentado estabelecendo o corredor verde e ligações com outros espaços verdes, nomeadamente, o Jardim de Basílio Teles, o Parque de Real e o Parque do Urbano do Carriçal - Parque Manuel Pinto de Azevedo, um eixo arborizado de circulação pedonal e estadia associado à nova infraestrutura de transporte ferroviário. Árvores com IDA elevados, alto e médios na tipologia rua e via do metro em Matosinhos são fundamentais para assegurar o uso da rede de circulação, leituras de espaço urbano e instalação de zonas de estadia.

A linha do metro em Gondomar tem desempenho alto. Realizaram-se cortes que pretendem ilustrar plantações realizadas nas diferentes tipologias de espaço público 10 anos após a plantação. Os cortes A-A. e B-B. localizam-se junto da estação de metro de Baguim e as árvores que foram plantadas neste local têm IDA alto verificando-se que ao fim de 10 anos ritmos, alinhamentos, continuidades e escala se encontram estabelecidos delimitando-se os espaços. Tendo árvores com IDA médio e elevado as mortalidades serão baixas pelo que as leituras que se vão obter no espaço são de continuidade. A valorização estética baseou-se na conjugação de texturas e volumes entre as espécies (cultivares, híbridos) (Figuras 5.54, 5.55 e 5.56).

Nas Figuras 5.57 e 5.58 tem-se os cortes C-C. e D-D. realizados em Fânzeres que simulam uma avenida com 4 alinhamentos de árvores tendo sido plantada com árvores com IDA elevado e médio. Ao fim de 10 anos obtém-se alinhamentos com ritmos definidos e continuidade ao longo da avenida. A delimitação dos espaços está definida tal como estabelecida escala e densidade de arborização. A valorização estética baseou-se na conjugação de texturas e volumes entre as espécies (cultivares, híbridos). A linha de Gondomar insere-se sobre espaço urbano fragmentado estabelecendo o corredor verde para além das ligações com outros espaços verdes, nomeadamente o parque da Quinta das Freiras, um eixo de circulação pedonal e estadia associado à nova infraestrutura de transporte ferroviário urbano. Árvores com IDA elevados e altos na tipologia rua e via do metro em Gondomar são fundamentais para assegurar uso da rede de circulação, leituras de espaço urbano e instalação de zonas de estadia.

A linha do metro na Maia tem desempenho elevado. Os cortes A-A. e B-B. e C-C. localizam-se junto da estação de metro de Boticas e as árvores que foram plantadas neste local têm IDA elevado e alto verificando-se que ao fim de 10 anos ritmos, alinhamentos e continuidades se encontram estabelecidos estando a rua e a via do metro delimitados e legíveis. Sendo árvores com IDA elevado e alto as mortalidades serão baixas pelo que as leituras que se vão obter no espaço serão de continuidade. A valorização estética baseou-se na conjugação de texturas e volumes entre as espécies (cultivares, híbridos). O corte C-C. inclui para além da estação e via de metro, o parque de estacionamento e o espaço verde de enquadramento tendo esta última tipologia espécies (cultivar, híbrido) com IDA médios. Verifica-se que ao fim de 10 anos ritmos, alinhamentos e continuidades se encontram estabelecidos estando definida a legibilidade do espaço. A valorização estética é dada pela conjugação de texturas e volumes entre as espécies (cultivares, híbridos). A linha da Maia insere-se sobre espaço urbano fragmentado estabelecendo o corredor verde para além das ligações entre diferentes tipologias de espaços públicos, um eixo de circulação pedonal e

estadia - estação dos verdes, associado à nova infraestrutura ferroviária urbana. Árvores com IDA elevados na tipologia rua e via do metro na Maia são fundamentais para assegurar o uso da rede de circulação, leituras de espaço urbano e instalação de zonas de estadia (Figuras 5.59, 5.60, 5.61 e 5.62).

A arborização instalada nos corredores verdes do metro de Matosinhos, Maia e Gondomar pelos desempenhos médios, altos e altos-elevados que apresenta define continuidade e legibilidade no espaço urbano e está relacionada com as várias funções de uso do espaço procurando a valorização da qualidade da paisagem urbana.

5.6 CONCLUSÕES

O sucesso da arborização nos espaços urbanos é fundamental para a instalação e consolidação dos corredores verdes, pelo que ter acesso a ICICA e IDA permite ter a perceção dos fatores presentes no espaço urbano que vão interferir no desempenho da arborização. Tendo-se determinado os fatores bióticos, abióticos e humanos que vão condicionar os acréscimos médios anuais das árvores em espaço urbano foi possível concluir que:

a) os fatores presentes em espaço urbano criam situações de debilidade e stresse nas árvores podendo mesmo levar à morte e perda da vitalidade das árvores tendo-se verificado que 15,9% do total das árvores plantadas ao longo das linhas de metro de Matosinhos e Maia entre os anos de 2000 e 2009 morreram.

b) as principais causas que levaram à morte e perda de vitalidade das árvores plantadas ao longo das linhas de metro de Matosinhos e Maia foram: características próprias da espécie, presença de pragas, solos resultantes de aterros sem qualidade estrutural para espaços verdes que levaram à sua compactação, ações provocadas pelas operações de manutenção, nomeadamente feridas nos troncos causadas pelas máquinas corta relvas e cortes do colo pela motoroçadora, tutoragens mal aplicadas ou que não foram retiradas na época devida e que provocaram feridas graves e permanentes nos troncos e atilhos e cintas que provocam enforcamentos e ações de vandalismo principalmente devido a choques mecânicos (sobretudo provocados pelo automóveis).

c) as espécies (cultivares, híbridos) plantadas ao longo das linhas de metro de Matosinhos e da Maia com ICICA baixo e médio têm elevada mortalidade e baixa vitalidade

tendo dificuldade em se instalar e desenvolver no espaço urbano necessitando de reposições frequentes e apresentam acréscimos médios anuais de pap e altura baixos. As que apresentam ICICA alto e elevado correspondem às espécies (cultivares, híbridos) que apresentam menores necessidades de reposição tendo baixa mortalidade e elevada vitalidade e acréscimos médios anuais de pap e altura altos e elevados.

d) quando considerados para além da mortalidade, vitalidade e acréscimos médios anuais de pap e altura também a influência dos fatores bióticos, abióticos e humanos presentes no espaço urbano sobre o desempenho das 29 espécies (cultivares, híbridos) estudados verifica-se que as espécies (cultivares, híbridos) têm diferentes IDA que vão de baixo a elevado correspondendo os IDA baixo a espécies (cultivares, híbridos) que necessitam de elevada reposição por apresentarem elevada mortalidade. Os IDA médios correspondem a espécies (cultivares, híbridos) com acréscimos médios anuais de pap e altura baixos a médios podendo ter melhores desempenhos se não se realizarem podas, as copas mantiveram as suas formas naturais e as árvores não forem sujeitas a ações de vandalismo. Os IDA altos correspondem a espécies (cultivares, híbridos) que quase não necessitam de reposição por apresentarem baixa mortalidade e elevada vitalidade com acréscimos médios anuais de pap e altura elevados a médios que podem ser mais elevados se as árvores não tiverem feridas no colo e no tronco, as copas mantiverem as suas formas naturais e os solos não estiverem compactados. Os IDA altos correspondem a espécies (cultivares, híbridos) que não têm praticamente reposição por apresentarem baixa mortalidade e elevada vitalidade com acréscimos médios anuais de pap e altura elevados que ainda podem ser mais elevados se as árvores não tiverem feridas no colo e no tronco, se encontrarem plantadas em exposição sul, as copas mantiverem as suas formas naturais, e não sofrerem ações de vandalismo.

Quanto ao desempenho dos Corredores Verdes das linhas do metro, o Corredor Verde da linha de metro de Matosinhos apresenta um desempenho médio, o da Maia desempenho elevado e o de Gondomar desempenho alto a médio.

O Corredor Verde da linha de metro de Matosinhos com desempenho médio poderá desenvolver legibilidade e continuidade no espaço urbano e assegurar conectividade com outros espaços verdes contribuindo para a valorização estética do espaço urbano pela presença de diferentes volumes, texturas, sombras, transparências e cores que a arborização oferece de modo distinto em cada tipologia de espaço se forem aplicados maiores cuidados na sua gestão e manutenção, necessitando de um período de tempo superior a 10 anos para a definição do corredor verde.

O Corredor Verde da linha de metro da Maia tem desempenho elevado desenvolvendo legibilidade e continuidade no espaço urbano ao fim de 10 anos após instalação por a arborização que nele se encontra instalada apresentar IDA altos e elevados. Este corredor verde assegura continuidade ao longo da linha de metro, conectividade com outros espaços verdes e define limites entre diferentes usos de espaço público oferecendo legibilidade no espaço urbano fragmentado em que se encontra. A arborização permite a articulação entre as diferentes tipologias de espaços públicos que se situam ao longo do corredor verde da linha de metro da Maia e também contribui para a valorização estética do espaço urbano pela presença de diferentes volumes, texturas e sombras.

O Corredor Verde da linha de metro de Gondomar tem desempenho alto assegurando legibilidade e continuidade ao longo da linha de metro e conectividade com outros espaços verdes, num período de instalação de cerca de 10 anos após instalação. Também neste corredor a arborização permite a articulação entre as diferentes tipologias de espaços públicos e vai contribuir para a valorização estética do espaço urbano fragmentado pela presença de diferentes volumes, texturas e sombras.

A legibilidade, delimitação e continuidade de corredores verdes do metro de Matosinhos, Maia e Gondomar na relação que estabelecem com a infraestrutura de mobilidade são fundamentais enquanto elementos de requalificação urbana, porque promotores de espaço público diversificado em quantidade e em qualidade, estabelecem conectividades entre si e com outros corredores verdes da AMP permitindo a valorização ecológica da estrutura ecológica da AMP e criam bem-estar social por permitir a fruição destes elementos de circulação e valorização ecológica pelas populações.

CAPITULO 6. CONCLUSÕES

6.1. CONCLUSÕES

Em Portugal, a implantação de redes ferroviárias e rodoviárias e o sistema de transporte público a elas associado encontra-se intimamente relacionado com a expansão do espaço edificado e, consequentemente, com as transformações da paisagem desde o século XIX. Neste processo de rápida transformação da paisagem emergiram permanentes tensões entre os espaços urbanos consolidados e os espaços urbanos fragmentados. Os limites entre municípios diluíram-se, assim como as fronteiras entre o espaço urbano e o espaço rural. É nesta interface entre os espaços urbanos consolidados e fragmentados que a estrutura ecológica se torna um instrumento estratégico na legibilidade da paisagem e na salvaguarda de valores ecológicos, sociais e culturais.

O espaço urbano que nos chega hoje resulta da evolução da diversidade de usos que lhe foram dados no passado e dos que lhe são atribuídos atualmente pelo que o crescimento das áreas metropolitanas e os contextos deles resultantes justificam a relevância cada vez maior que a estrutura ecológica tem vindo a adquirir como elemento qualificador da paisagem, quer do ponto de vista das funções que desempenha, quer na definição da forma e da respetiva legibilidade.

A estrutura ecológica e a arborização urbana, quando inseridas nos espaços urbanos de elevada complexidade de usos e morfologias - como as áreas metropolitanas - oferecem um conjunto vasto de mais-valias e que resumidamente se consideram ser:

- i. melhoria do ambiente químico e físico do ar, água e solos, hidrologia urbana, amenização microclimática e redução das necessidades energéticas dos aglomerados;
- ii. proteção dos recursos naturais destacando-se o solo, água e biodiversidade;

- iii. valorização formal e funcional pelo estabelecimento de continuidade, hierarquia, limites, escala, pontos de interceção/referenciação e tipologias de espaço público;
- iv. requalificação estética e bioclimática contribuindo para maior conforto na utilização destes espaços e realização de maior número de atividades;
- v. benefícios relacionados com a saúde pública e socioeconómicos oferecendo às populações melhores índices de bem-estar;
- vi. valorização do património natural e construído e promoção dos valores culturais.

Em todos os aspetos referidos, torna-se necessária a contribuição da arborização pelo que a sua instalação, crescimento e desenvolvimento até ao estado de maturidade em espaço urbano é fundamental. No entanto os espaços urbanos estão em permanente crescimento e requalificação o que implica obras de repavimentação, construção de edifícios ou a instalação de infraestruturas, tal como apresentam um conjunto de condicionantes como sejam a má qualidade do ar, solos incipientes e compactados, défice hídrico, podas e vandalismo, tendo as árvores um período expectável de vida inferior ao das árvores plantadas em espaços naturais ou rurais, pelo que em espaço urbano se espera que as árvores se instalem, cresçam e cheguem ao estado de maturidade num menor número de anos do que ocorre nos espaços naturais ou rurais.

Para que se possa avaliar a instalação, crescimento e desempenho das árvores em espaço urbano, e em particular das árvores jovens nos corredores verdes, torna-se necessário ter indicadores. Encontrando-se mal representado a nível nacional o desempenho da arborização jovem em espaço urbano que permita avaliar os seus acréscimos anuais em função da espécie e dos fatores presentes em espaço urbano, considerou-se ser necessário a determinação desses indicadores. A partir de pesquisa sobre experiências internacionais e nacionais referidas em bibliografia e da experiência em Projetos de Arquitetura Paisagista - nomeadamente os de integração paisagística - obras de construção de espaços verdes e fiscalização de manutenções de espaços verdes na AMP, identificaram-se um conjunto de fatores bióticos (pragas), abióticos (clima, qualidade do ar, radiação, solo e água) ou humanos (derivados da ação voluntária ou involuntária do homem sobre as árvores como a alteração da forma natural da árvore, podas, feridas no tronco e solo e vandalismo) que foram considerados na definição de indicadores: os Indicadores da

Capacidade de Crescimento e Instalação das Árvores em Espaço Urbano (ICICA) e os Indicadores de Desempenho das Árvores em Espaço Urbano (IDA). A amostragem para a obtenção dos indicadores teve por base as árvores plantadas nos espaços públicos ao longo das linhas do metro em Matosinhos e da Maia. A partir dos indicadores verificou-se que:

- a) entre os anos de 2000 e 2009 as principais causas de morte e perda de vitalidade das árvores plantadas nas linhas de metro em Matosinhos e na Maia foram: as características próprias da espécie, solos resultantes de aterros sem qualidade estrutural para espaços verdes, compactação, ações provocadas pelas operações de manutenção, nomeadamente feridas nos troncos causadas pelas máquinas corta relvas e cortes do colo pela motoroçadora, presença de pragas, tutoragens mal aplicadas ou que não foram retiradas na época devida e que provocaram feridas graves e permanentes nos troncos e atilhos e cintas que provocaram enforcamentos e ações de vandalismo principalmente devido a choques mecânicos (sobretudo provocados pelo automóveis), deposição de produtos tóxicos provocando a contaminação de solos com produtos tóxicos;
- b) os fatores abióticos que mais afetam os acréscimos médios anuais dos pap e altura das árvores são: a compactação do solo, exposição solar e situação de plantação tendo as árvores maiores acréscimos médios anuais quando plantadas em exposições poente e sul, em terreno e em solos não compactados.
- c) os fatores humanos que mais afetam os acréscimos médios anuais dos pap e altura são: alteração da forma natural da árvore, as feridas nos troncos e vandalismo.

A determinação de indicadores constitui um processo relevante para uma gestão e manutenção eficazes dos espaços verdes sob o ponto de vista ecológico, estético e económico assim como para a elaboração de processos de planeamento e projetos informados e qualificados, pelo que constituem ferramentas de grande utilidade que permitem melhores atos de conceção e decisão.

A instalação de corredores verdes em espaço urbano consolidado ou fragmentado definidores de legibilidade, continuidade e conectividade e que interligam diferentes tipologias de espaços públicos necessitam de arborização com indicadores de desempenho elevados e altos que permitam definir e implantar corredores verdes com desempenhos elevados e altos. Os Corredores Verdes das linhas de metro da Maia e Gondomar apresentam desempenhos elevado e alto respetivamente sendo possível fazer a sua instalação num curto espaço de tempo e terem legibilidade no espaço urbano por definição de limites, continuidades e conectividade. O Corredor Verde da linha de metro de Matosinhos apresenta desempenho médio revelando maiores necessidades de manutenção e de um período de tempo mais alargado para instalação e definição de continuidades.

A delimitação, definição, continuidade e legibilidade de corredores verdes quando intimamente associados ao metro do Porto são entendidos como aspetos fundamentais de requalificação urbana sendo promotores do espaço público – em quantidade e em qualidade, e de valorização ecológica, em que a arborização pela sua expressão linear, se constitui como um elemento estratégico de conectividade e também de multifuncionalidade espacial.

As infraestruturas ferroviárias e rodoviárias urbanas podem, nesta perspetiva, ser encaradas como corredores verdes metropolitanos integrantes da estrutura ecológica tendo um papel significativo na articulação entre espaços urbanos consolidados e os fragmentados. Os Corredores Verdes das linhas de metro de Matosinhos, Maia e Gondomar apresentam diversidade de espaços públicos (rua, via de metro, estação de metro, rotundas, estacionamentos, jardins, parques, largos e espaços verdes de enquadramento) assegurando multifuncionalidade e conectividade com parques, jardins e espaços naturais e rurais presentes na AMP.

A arborização integrada em corredores verdes e associados a redes ferroviárias e rodoviárias urbanas deverá ser entendida como um elemento estratégico de requalificação urbana e de melhoria do bem-estar das populações dado o elevado número de utentes que os utiliza diariamente nos seus movimentos pendulares e que usufrui do aumento da oferta de espaços de recreio inseridos nestas estruturas verdes. Esta arborização tendo grande proximidade ao edificado permite o fácil acesso das populações aos elementos naturais funcionando como ligação entre a cidade e a natureza.

A produção de Indicadores para avaliar o desempenho da arborização e de Corredores Verdes do metro do Porto entendeu a abrangência deste projeto estruturante da AMP, tendo-o interpretado não apenas como um projeto de uma infraestrutura ferroviária de metro de superfície mas antes como um projeto de requalificação urbana de visibilidade ecológica e social.

Tendo a arborização estado sempre presente nos espaços urbanos, foi a partir do século XIX que passou progressivamente a ser um componente estruturante e integrante do desenho do espaço urbano, sendo hoje entendida como elemento primordial na articulação dos diferentes contextos espaciais, e um suporte incontornável da constituição da estrutura ecológica que deve cada vez mais ser interpretada e integrada em projetos e planos estruturais de escala metropolitana que permitam a requalificação da paisagem, a definição de espaço público e a promoção de funções e, cada vez mais ser integrada com outros sistemas, também definidos em rede e usados diariamente pelas populações.

BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS

Adrover, M., Forss, A. L., Ramon, G., Vadell, J., Moya, G. e Martinez Taberner, A. (2008). Selection of Woody Species for Wastewater Enhancement and Restoration of Riparian Woodland. *Journal of Environmental Biolog*, 29 (3), 357-361.

Agência Lusa. (2012). *Metro do Porto. Maioria dos clientes são mulheres com menos de 35 anos e da classe média*. [Internet] Disponível em <http://www.ionline.pt/artigos/portugal/metro-porto-maioria-dos-clientes-sao-mulheres-menos-35-anos-da-classe-media> [Consult. em 28 de maio de 2013].

Ahern, J. (1991). Planning and Design for an Extensive Open Space System: Linking Landscape Structure to Function. *Landscape and Urban Planning*, 21 (1/2), 131-145.

Ahern, J. (1995). Greenways as a Planning Strategy. *Landscape and Urban Plan*, 33 (1/2), 131-155.

Ahern, J. (2002). *Greenways as a Strategic Landscape Planning: Teory and Application*. Netherlands: Wageningen University.

Ahern, J. (2003). Greenways in the USA: Theory, Trends and Prospects. In: R. Jongman e G. Pungetti, ed. *Ecological Networks and Greenways – concept, design, implementation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003, pp. 34-55.

Alcoforado, M. J. (1984). Representação cartográfica das árvores deformadas. Ventos dominantes em torno da serra de Sintra. *Finisterra*, XIX, 38, 137-169.

Allen, K. W. (1986). *Poda de árboles ornamentales*. Madrid: Servicio de Pulicaciones del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Allmaras R. R., Kraft J. M. e Miller D. E. (1988). Effects of Soil Compaction and Incorporated Crop Residue on Root Health. *Annual Review of Phytopathology*, v. 26, pp. 219-243.

Almeida, A. L. S. (2006). *O valor das Árvores, Árvores e Floresta Urbana de Lisboa*. Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

Andresen, M. T. (2001). *Francisco Caldeira Cabral*. Reigate: LDT Monographs.

Andresen, M. T. (2003). Três Décadas da Arquitectura Paisagista em Portugal (1940-1970). In: T. Andresen, ed. *Do Estádio Nacional ao Jardim Gulbenkian*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2003, pp. 18-97.

Andresen, M. T. (2006). Pela Identidade dos Lugares e da Paisagem. In: Associação Portuguesa dos Arquitectos Paisagistas, ed. *Congresso 30 Anos APAP – A Paisagem da Democracia*. Actas do 2º Congresso Nacional da APAP, pp. 22-24.

Andresen, M. T. (2010). Ecological networks; from regional to metropolitan strategies. The Northern region of Portugal and Oporto Metropolitan Area. In: J. G. Fábos, R. L. Ryan, M. Lindhult, P. Kumble, L. Kollányi; J. Ahern e S. Jombach, eds. *Proceedings of Fabos Conference on Landscape and Greenway Plannning*. Budapest: Corvinus University of Budapest, 2010, pp. 329-336.

Andresen, M. T. e Marques T. P. (2001). *Jardins Históricos do Porto*. Lisboa: Edições Inapa.

Andresen, M. T., Guedes de Carvalho, L. e Curado, M. J. (2009). *Rede de Parques Metropolitanos da Grande Área Metropolitana do Porto*. Porto: Gamp; CIBIO e ICETA (não publicado).

APDL. (1968). Livro de escrituras C-395 do 2º Cartório Notarial do Porto. Escritura lavrada de folhas 43 a folhas 47.

Araújo, I. A. (1962). *Arte Paisagista e Arte dos Jardins em Portugal*. Lisboa: Centro de Estudos de Urbanismo, Ministério das Obras Públicas.

Araújo, I. A. (1979). *Jardins, Parques e Quintas de Recreio no Aro do Porto*. Porto: [s.n.].

Araújo, I. A. (1997). Considerações sobre a gestão das paisagens. In: *Paisagem*. Lisboa: Edição Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, 1997, pp. 123-136.

Área Metropolitana do Porto. (2008). *Programa Territorial de Desenvolvimento. Nuts III do Grande Porto e de Entre Douro e Vouga. Diagnóstico prospectivo. Vol. 02*. [Internet] Disponível em http://www.amp.pt/fotos/gca/amp_ptd_rf_02_diagnostico_light_1211553060.pdf [Consult. em 8 de agosto de 2014].

Arnold, H. F. (1993). *Trees in Urban Design*. (Second Edition). New York: Van Nostrand Reinhold.

Ascher, F. (1995). *Métapolis ou l'avenir des Villes*. Paris: Editions Odile Jacob.

Ascher, F. (2001). *Les Nouveaux Principes de L'urbanisme. La Fin des Villes n'est pas à L'ordre du Jour*. Éditions de l'Aube.

Ascher, F. (2007). Multimobility, Mutispeed Cities, a Challenge for Architects, Town Planners, and Politicians in the Future. *Metropolitan Landscape Journal*, 19 (1), 36-42.

Ascher, F. (2010). *Novos Princípios do Urbanismo seguido de novos Compromissos Urbanos: um Léxico*. Lisboa: Livros Horizonte.

Asociación Española de Parques y Jardines Públicos. (1999). *Método para valoración de árboles y arbustos ornamentales: Norma de Granada revisión 1999*. Madrid: Imprenta Ramos, S. L.

Aymonino, C. (1975). *Il significato delle città*. Bari: Editori Laterza.

Babo, A. P. (2009). *Prot-Norte. Temática. Acessibilidades, Mobilidade e Logística. Relatório sectorial. Plano Regional de Ordenamento do Território do Norte – Prot – Norte*. [Internet] Disponível em <http://consulta-prot-norte.inescporto.pt/plano-regional/relatorio-do-plano/relatorios-tematicos-de-caracterizacao-e-diagnostico/PROT-N%20-%20ACESSIBILIDADES-APB.pdf> [Consult. Em 14 de julho de 2014].

Bell, S. (1996). *Elements of Visual Design in the Landscape*. London: Taylor & Francis.

Bell, J., Wilson, J. S. e Liu, G. C. (2008). Neighborhood Greenness and 2-year Changes in Body Mass Index of Children and Youth. *American Journal of Preventive Medicine*, v. 35, pp. 547-553.

Bengs C. e Schmidt-Thomé K. (2005) *Urban-rural relations in urban-rural relations in Europe*, Espo project, 1.1.2 Final Report, 2005. [Internet] Disponível em http://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/ESPON2006Projects/ThematicProjects/UrbanRural/fr-1.1.2_revised-full_31-03-05.pdf [Consult. em 20 August 2013].

Bennett, A. F. (1998). *Linkages in the Landscape. The role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. UK: IUCN.

Bennett, G. e Mulongoy K. J. (2006). *Review of Experience with Ecological Networks, Corridors and Buffer Zones*. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity - CBD Technical Series, nº23.

Benedict, M. A. e McMahon E. T. (2002). Green Infrastructure. Smart Conservation for the 21st Century. *Renewable Resources Journal*, 20 (3), 12-17.

Bernatzky, A. (1978). *Tree ecology and preservation*. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company United States.

Berrang, P., Karnosky, D. F. e Stanton, B.J. (1985). Environmental factors affecting tree health in New York City. *Journal of arboriculture*, 11 (6), 185-189.

Bierwagen, B. (2007). Connectivity in Urbanizing Landscapes: the Importance of Habitat Configuration, Urban Area Size, and Dispersal. *Urban Ecosystems*, 10, pp. 29-42.

Biondi, D. e Reissmann C. B. (1997). Características dos Solos Urbanos utilizados pelas espécies *Acer negundo* L. e *Tabebuia chysotricha* (Mart. ex DC.) Standl. na Cidade de Curitiba. *PR. Floresta, Curitiba*, 25 (1/2), 43-54.

Bird, W. (2004). *Natural Fit. Can Green Space and Biodiversity Increase Levels of Physical Activity?* [Internet] Disponível em http://www.rspb.org.uk/Images/natural_fit_full_version_tcm9-133055.pdf [Consult. em 20 de janeiro de 2013].

Bischoff, N. T. e Jongman, R. H. G. (1993). *The development of rural areas in Europe: the claim for Nature*. Haia: Netherlands Scientific Council for Government Policy Report v. 79.

Bolund, P. e Hunhammar, S. (1999). Analysis. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, v. 29, pp. 293-301.

Bond, J. (2005). *The Significance of Young Urban Tree Mortality on State Implementation Plan (SIP) Planning*. Davey Resource Group, for the National Tree Trust and its partners. [Internet] Disponível em <http://www.urbanforestanalytics.com/sites/default/files/pdf/mortality.pdf> [Consult. em 8 de junho de 2012].

Bonifácio, L., Branco, M., Caetano, M. F., Duclos, J., Ferreira, M.C., Fonseca, N., Melo, I., Moura, E., Santos, H., Santos, N., Serrão, M., Sousa, E., Vasconcelos, T. e Vaz, A. (2002). *Pragas e Doenças das Florestas do Sul da Europa. Guia de identificação de insectos e fungos patogénicos do Sul da Europa*. Programa EUROSILVASUR. INRA/Instituto Europeu Floresta Cultivada - IEFC.

Borrego, C., Barros, N., Miranda, A. I., Fontes, T., Carvalho, A. C., Leitão, P., Moreira, N., Henriques, D., Abrantes, T., Martins, H., Monteiro, A. e Ferreira, J. (2005). *Relatório Final do Projecto STRATOZON: O ozono estratosférico na baixa troposfera sobre Portugal (POCTI/CTA/42702/01)*. Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro. (Relatório de execução material).

Borrego, C., Miranda, A. I., Costa, A., Sousa, S. e Figueiredo, C. (2009). *Avaliação da Qualidade do Ar na Região Norte - 2007*. Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro. Comissão de Coordenação da Região Norte, Portugal, Junho 2009.

Bradshaw, A., Hunt, B. e Walmsley, T. (1995). *Trees in Urban Landscape, Principles and Practice*. London: E & FN Spon.

Braga, F. A., Barros, N. F., Souza, A. L. e Costa, L. M. (1999). Características Ambientais Determinantes da Capacidade Produtiva de Sítios Cultivados com Eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23 (2), 291-298.

Brasier, C. M. (2000). The rise of the hybrid fungi. *Nature*, v. 405, pp. 134-135.

Breheny, M. (1992). Sustainable Development and Urban Form: An Introduction. In: M. J. Breheny, ed. *Sustainable Development and urban form*. London: Pion, 1992, pp. 1-23.

Bryant, M. M. (2006). Urban Landscape Conservation and the Role of Ecological Greenways at Local and Metropolitan Scales. *Landscape and urban planning*, v. 76, pp. 23-44.

Bühler, O., Kristoffersen, P. e Larsen, S. U. (2007). Growth of Street Trees in Copenhagen with Emphasis on the Effect of Different Establishment Concepts. *Arboriculture & Urban Forestry*, 33 (5), 330-337.

Busquets, J. (ed.) (2007). *Cities X Lines: A New Lens for the Urbanistic Project – Cities Lines*. Harvard: Harvard University – Graduate School of Design.

Cabral, F. C. (1980). *O Continuum Naturale e a Conservação da Natureza*. Lisboa: Serviços de Estudos do Ambiente.

Cabral, F. C. e Telles, G. R. (1999). *A Árvore em Portugal*. (2ª edição). Lisboa: Assírio e Alvim.

Cabrera, A. e Nunes M. (1998). *Olhar o Chão*. Lisboa: Imprensa Nacional Casa da Moeda.

Cadahia, D. e Rupérez, A. (1979). Repartición de Ctenarytaina eucalypti Mask. en España. *Boletín del Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica*, v. 5, pp. 55-58.

Câmara Municipal de Gondomar. (s.d.). *Despacho nº 6047/2006*. [Internet] Disponível em <http://www.cm-gondomar.pt/pages/125> [Consult. em 24 de julho de 2014].

Câmara Municipal de Lisboa. (s.d.). *Corredor Verde de Monsanto*. [Internet] Disponível em <http://www.cm-lisboa.pt/viver/ambiente/corredor-verde-de-monsanto> [Consult. em 14 de julho de 2014].

Câmara Municipal da Matosinhos. (s.d.). *Quinta da Conceição* [Internet] Disponível em http://www.cm-matosinhos.pt/pages/426?poi_id=59 [Consult. em 23 de outubro de 2013].

Câmara Municipal do Porto. (2007). *Notas sobre a Evolução Demográfica do Concelho do Porto (1991-2005)*. Gabinete de Estudos e Planeamento da Câmara Municipal do Porto. [Internet] Disponível em http://www.cmporto.pt/users/0/56/Relatorio_demografia_GEP_25343ba266a4e79ef2e82c89d1fc1df0.pdf [Consult. em 18 de julho de 2013].

Campillo, J. (2005). Benefícios y Riesgos del Arborado Urbano in La Visión del Árbol Urbano. In: *Actas del 9º Congreso de Arboricultura*. Barcelona: Asociación Española de Arboricultura, pp. 115-122.

Cancela d'Abreu A., Correia, T. P. e Oliveira R. (2004^a). *Contributos para a Identificação e Caracterização da Paisagem em Portugal Continental – Volume I*. Lisboa: Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, p.28.

Cancela d'Abreu A., Correia, T. P. e Oliveira R. (2004^b). *Contributos para a Identificação e Caracterização da Paisagem em Portugal Continental – Volume II*. Lisboa: Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, pp. 195-203.

CP. (s.d.). *Os Caminhos de Ferro: 150 anos de História. Comboios de Portugal*. [Internet] Disponível em <http://www.cp.pt/cp/displayPage.do?vgnextoid=2fdcfce780e5c010VgnVCM1000007b01a8c0RCRD> [Consult. em 14 de março de 2014].

Cardoso, D. J. (2009). *Viabilidade Técnica e Económica da Poda em Plantações de Pinus taeda e Pinus elliottii*. Tese de Doutoramento, Universidade Federal do Paraná.

Castel-Branco, C. (1995). *Plano de Arborização – Tree Planting Plan*. Lisboa: Parque Expo 98, S.A., p. 102.

Castel-Branco, C. (1998). A Escolha das Espécies: Da Lista Referencial às Plantações Experimentais. In: C. Castel-Branco e F. C. Rego, coord. *O Livro Verde – The Green Book*. Lisboa: Parque EXPO 98, 1998, pp. 71-85.

Castells, M. e Hall, P. (1994). *Technopoles of the World: The Makings of 21st Century Industrial Complexes*. London: Routledge.

Carson, R. T. (2000). *Contingent Valuation user's guide*. *Environmental Science and Technology*, nº. 34, pp. 1413-1418.

Carvalho, J. P. F. (2009^a). *A árvore no Espaço Urbano*. In: *IV Jornadas do Ambiente*. C.M. Vila Pouca de Aguiar: C.M. Vila Pouca de Aguiar - UTAD, 2009, pp. 1-10.

Carvalho, J. P. F. (2009^b). *Matriz para a Estruturação do Território*. In: *15º Congresso da APDR*. Praia, Cabo Verde, APDR.

Chaparro, L. e Terradas, J. (2009). *Ecological Services of Urban Forest in Barcelona*. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals - Universidade Autònoma de Barcelona. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, 96 pp.

Cerasi, M. (1976). *Lo spazio collettivo della città. Costruzione e dissoluzione del sistema pubblico nell'architettura della città moderna*. Milano: Mazzotta.

Ciência Hoje (2012). *Como se nasce e se cresce hoje em Portugal. Resultados de sete anos do projecto «Geração XXI» serão apresentados amanhã*. [Internet] Disponível em <http://www.cienciahoje.pt/56501> [Consult. em 18 de fevereiro de 2013].

City of London Urban Forestry. (2012). *An Analysis of London's Urban Forest Using the Urban Forest Effects Model (UFORE)*. Upper Thames River Conservation Authority. USDA Forest Services and Bradwill Ecological Consulting, 89 pp.

Clark, J. R. e Kjellgren, R. (1990). Water as a Limiting Factor in the Development of Urban Trees. *Journal of Arboriculture*, 16 (8), 203-208.

Clément, G. (2004). *Manifeste pour le Tiers Paysage*. Paris: Éditions Sujet/Objet.

Cleto, J. (1998). *Leixões. Pequena História de um Grande Porto. Porto de Leixões. Fotografias de Domingos Alvão e Emílio Biel. Leça da Palmeira: Administração dos Portos do Douro e Leixões*. [Internet] Disponível em <http://joelcleto.no.sapo.pt/textos/Matosinhos/portodeleixoes.htm> [Consult. em 18 de dezembro de 2013].

COM (2013). *COM (2013) 249 final - Estratégia Infraestrutura verde — Melhorar o capital natural da Europa*. [Internet] Disponível em http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructures/sec_155_2013/pt.pdf [Consult. em 13 de agosto de 2014].

Conine, A., Xiang, W. N., Young, J. e Whitley, D. (2004). Planning for Multi-purpose Greenways in Concord, North Carolina. *Landscape Urban Plan*, 68 (2-3), 271-287.

Corner, J. (2006). Terra Fluxus. In: C. Waldheim, ed. *The Landscape Urbanism Reader*. New York: Princeton Architectural Press, 2006, pp. 1-33.

Costa, L. (2006). *A Vegetação e os Edifícios – Práticas para a aplicação do material vegetal atendendo a princípios de sustentabilidade*. Prova de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Arquitectura Paisagista, UTAD.

Craul, P. J. (1985^a). Urban soils. *METRIA*, v. 5, pp. 45-61.

Craul, P. J. (1985^b). A description of Urban Soils and their Desired Characteristics. *Journal of Arboriculture*, v. 11, pp. 330–339.

Craul, P. J. (1994). The Nature of Urban Soils: Their Problems and Future. *Arboricultural Journal: The International Journal of Urban Forestry*, 18 (3), 275-287.

Crooks, K. R. e Sanjayan, M. (2006). Connectivity Conservation: Maintaining Connections for Nature. In: K. R. Crooks e M. Sanjayan, eds. *Connectivity Conservation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006, pp. 1-19.

Crow, P. (2005). *The Influence of Soils and Species on Tree Root Depth*. [Internet] Disponível em <http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCIN078.pdf> [Consult. em 1 de maio de 2013].

Crowe, S. (1969). Landscape planning: a policy for an overcrowded world. *IUCN publications new series*, supl. paper, nº. 21, pp.3-19.

Danish Ministry of Environmenty. (2007). *Planning in Denmark*. Copenhagen: Ministry of the Environment.

Day, S. D. e Bassuk, N. L. (1994). A Review of the Effects of Soil Compaction and Amelioration Treatments on Landscape Trees. *Journal of Arboriculture*, 20 (1), 9-17.

De Kimpe, C. R. e Morel, J. L. (2000). Urban Soil Management: a Growing Concern. *Soil Science*, 165 (1), 31-40.

DESA. (2009). *World Population Ageing 2009*. [Internet] Disponível em http://www.un.org/esa/population/publications/WPA2009/WPA2009_WorkingPaper.pdf [Consult. em 1 de julho de 2013].

DGEPN. (1905). *Censo da População do Reino de Portugal Vol1*. [Internet] Disponível em http://censos.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=64575322&att_display=n&att_download=y [Consult. em 22 de junho de 2009].

Dionísio, S. (1964). *Guia de Portugal – vol. IV. Tomo I*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Domingues, A. (2006). *Cidade e Democracia 30 Anos Transformação Urbana em Portugal*. Lisboa: Ed. Argumentum.

Domingues, A. (2011^a). Da Cidade ao Urbano. In: *Políticas Urbanas II: Transformações, Regulação e Projectos*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, pp. 19-67.

Domingues, A. (2011^b). Variações de Contexto e Escala de Urbanização. In: *Políticas Urbanas II: Transformações, Regulação e Projectos*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, pp. 69-159.

Duany, A., Plater-Zyberk, E. e Speck J. (2000). *Suburban Nation: The Rise of Sprawl and the Decline of the American Dream*. New York: North Point Press.

Duany, A., Plater-Zyberk, E. e Alminana, R. (2003). *The New Civic Art: Elements of Town Planning*. New York: Rizzoli International Publications.

Duany, A. (2010). *The Next Urbanism is not New Urbanism*. CNU 18. [internet] Disponível em <http://ecom.mediasite.com/mediasite/Viewer/?peid=470632346283426e8b0dfa1b184afd7b1d> [Consult. em 18 de dezembro de 2012].

Duryea, M. e Kampf, E. (2007). *Winds and Trees: Lessons Learned from Hurricanes*. University of Florida: Urban Forrest Hurricane Recovery Series, 2007. [internet] Disponível em <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FR/FR17300.pdf> [Consult. em 18 de dezembro de 2012].

Dwyer, J. F. e Schroeder, H.W. (1994). Human dimensions of urban forestry. *Journal of Forestry*, v. 92, pp.12-15.

Dwyer, J. F., (1995). The significance of trees and their management in built environments, in Trees and Building Sites. In: Watson e D. Neely, eds. *Proceedings of an International Conference held in the Interest of Developing a Scientific Basis for Managing Trees in Proximity to Buildings*. Savoy: International Society of Arboriculture, 1995, pp. 3–11.

Dyer, S. M. e Mader, D. L. (1986). Declined Urban Sugar Maples: Growth Patterns, Nutritional Status and Site Factors. *Journal of arboriculture*, 12 (1), 6-13.

Eurosilvasur (s.d.). *Guia de pragas e doenças. Rede para o desenvolvimento sustentável das florestas cultivadas do sul da europa*. Projecto : EUROSILVASUR - Grupo: Foresthealth [Internet] Disponível em http://www.iefc.net/?page=bdd/patho/patho_liste.php&mode=&display=IEFCV3&langue=pt [Consult. em 18 de dezembro de 2012].

Fabião, A. (2006). *As Podas em Árvores Ornamentais. Como e Porquê*. Lisboa: Câmara Municipal de Odivelas - Instituto Superior de Agronomia / Departamento de Engenharia Florestal.

Fabos, J. G. (1985). *Land Use Planning: From Local to Global Challenge*. New York: Chapman & Hall.

Fabos, J. G. (1995). Introduction and Overview: the Greenway Movement, Uses and Potentials of Grenways. *Landscape and Urban Planning*, 33 (1/3), 1-13.

Fabos, J. G. (2004). Greenway Planning in the United States: its origins and recent case studies. *Landscape and Urban Planning*, 68 (2/3), 321-342.

Falcón, A. (2007). *Espacios Verdes para una Ciudad Sostenible. Planificación, Proyecto, Mantenimiento y Gestión*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, pp. 18-23.

Farinha Marques, P. (2004). Vias Verdes na Cidade. *Arquitectura e Vida*, nº 51, pp. 70-75.

Farinha-Marques, P., Lameiras, J. M., Fernandes, C., Silva, S. e Guilherme, F.(2011). Urban Biodiversity: a review on current concepts and contributes to multidisciplinary approaches. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 24 (3), 247-271.

Farinha-Marques, P., Fernandes, C., Lameiras, J. M., Silva, S. e Guilherme, F. (2013). *Morfologia e Biodiversidade nos Espaços Verdes da Cidade do Porto - Livro 1: Selecção das áreas de estudo - 2ª Edição*, revista e aumentada. CIBIO, Porto. [Internet] Disponível em <http://bio-diver-city.fc.up.pt/index.php/book1-selection-of-the-study-areas-portuguese-2nd-edition> [Consult. em 6 de maio de 2014].

Fazal, S., Geertman, S. C. M. e Toppen F. J. (2012). Interpretation of Trends in Land Transformations - A Case of Green Heart Region (The Netherlands). *Natural Resources*, v. 3 nº. 3, Article ID: 23225, pp. 11.

Feliciano, M. J. S. (2001). *Deposição Seca de Poluentes Gasosos em Ecossistemas do Sul da Europa: Medição e Parametrização*. Tese de Doutoramento, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro.

Felzer, B. S., Cronin, T, Reilly, J. M., Melillo, J. M. e Xiaodong W. (2007). External Geophysics, Climate and Environment (Climate) Impacts of ozone on trees and crops. *C. R. Geoscience*, v. 339, pp. 784–798.

Fermio, M. H. e Kämpf, A. N. (2006). Impedância Mecânica de Substratos para Plantas submetidos a diferentes Tensões Hídricas. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v.12, pp. 25-30.

Ferrão, B. J. (1989). *Projecto e transformação urbana do Porto na época dos Almas, 1758/1813*. (Segunda edição). Porto: FAUP Publicações.

Figueiredo, C. (2011). *Relatório de Análise Estatística dos Dados de Qualidade do Ar, da Região Norte em 2010*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte. [Internet] Disponível em http://www2.ccdr-n.pt/fotos/editor2/relatorio_qar_2011.pdf [Consult. em 18 de dezembro de 2013].

Finnis, K. e Walton, D. (2008). Field Observations to Determine the Influence of Population Size, Location and Individual Factors on Pedestrian Walking Speeds. *Ergonomics*, 51 (6), 827-842.

Fischesser, B. (1981). *Conhecer as árvores*. Lisboa: Publicações Europa-América.

Forman, R. T. T. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. UK: Cambridge University Press.

Forman, R. T. T. e Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. New York: John Wiley & Sons.

Foster, R. S. e Blaine, J. (1978). Urban Trees Survival: Trees in the Side-Walk. *Journal of Arboriculture*, 4 (1), 14-17.

Fowells, H. A. e Means, J. E. (1990). The tree and its environment. In: R. M. Burns e B.H. Honkala, eds. *Silvics of North America, Vol. 1. Conifers*. Washington, DC: USDA Forest Service Agriculture Handbook nº 654, pp. 2-11.

Freemark, Y. (2010). *Envied the World Over, Strasbourg's Tram Expands Again*. [Internet] Disponível em <http://www.thetransportpolitic.com/2010/11/29/envied-the-world-over-strasbourgs-tram-expands-again/> [Consult. em 6 de maio de 2013].

Frey, H. (1999). *Designing the City. Towards a more Sustainable Urban Form*. London / New York: Spon Press.

Gadanhó, P. (1999). A cidade da Maia e os Arquipélagos do Visível. In: P. Gadanhó, coord. *Identificação de uma cidade*. Maia: Cuc – Centro de Cultura Urbana Contemporânea, 1999, pp. 5-42 (não publicado).

Gehl, J. (1987). *Life Between Buildings: Using Public Space*. New York: Reinhold.

Gehl, J. (2006). *La humanización del Espacio Urbano – La Vida Social entre los Edificios*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.

Gehl, J. e Gemzøe, L. (2002). *Novos Espaços Urbanos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SA.

Gerard, P., Mehl, G. e Meneteau A. (2001). *Strasbourg: The tram as a key element of urban transport policy*. Project was added at 27.06.1996. Project was changed at 06.03.2001
SURBAN, the database on Sustainable urban development in Europe. European Academy of the [Internet] Disponível em <http://www.eaue.de/winuwd/76.htm> [Consult. em 5 de maio de 2013]

Gerhold, H., Bartoe W. e Sacksteder C. (1979). Selecting and growing better landscape trees for northeastern US: Practices of arborists and nurserymen. *Sta. Bull. Pennsylvania State Univ., Agric. Exper.*, v. 829, pp. 2-20.

Gilbertson, P. e Bradshaw A.D. (1985). Tree survival in cities: the extent and nature of the problem. *Arboricultural Journal*, v. 9, pp. 131-142.

Gilbertson, P. e Bradshaw A. D. (1990). The Survival of Newly Planted Trees in Inner Cities. *Arboricultural Journal*, v. 14, pp. 287-309.

Gilman, E. F. (1990). Tree Root Growth and Development. I. Form, Spread, Depth and Periodicity. *Journal of Environmental Horticulture*, 8 (4), 215–220.

Giroto, C. (2009). *Movism. Landscape and Scenography*. [Internet] Disponível em <http://giroto.arch.ethz.ch/old/output-lectures/prof-christophe-giroto.htm> [Consult. em 18 de dezembro de 2013].

Gomes, G. (2011). *Transportes Públicos Urbanos em Portugal*. CTT Correios de Portugal

Gonçalves, W., Stringheta A. C. O. e Coelho, L. L. (2007). Análise de árvores urbanas para fins de supressão. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 2 (4), 1-19.

Grande, N. (2011). Funcionalismo Orgânico. Robert Auzelle e o Plano Director da Cidade do Porto. In: T. Andresen; M. Fernandes de Sá; J. Almeida, eds. *Jacques Gréber Urbanista e Arquitecto de Jardins*. Fundação de Serralves, 2011, pp. 187-211.

Gravato, M. P. R. (2004). *Trajeto do Risco Urbano: a arquitectura na cidade do Porto, nas décadas de 30 a 50 do século XX, através do estudo do conjunto da Avenida dos Aliados à rua de Ceuta*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

Gričar, J. (2012). *Cambial Cell Production and Structure of Xylem and Phloem as an Indicator of Tree Vitality: A Review, Sustainable Forest Management - Current Research*. [Internet] Disponível em <http://www.intechopen.com/books/sustainable-forest-management-currentresearch/cambial-cell-production-and-structure-of-xylem-and-phloem-as-an-indicator-of-tree-vitality-a-review> [Consult. em 18 de dezembro de 2013].

Groome, D. (1990). Green Corridors: a Discussion of a Planning Concept. *Landscape and Urban Planning*, 19 (4), 383-387.

Gupta, S. C., Hadas, A. e Schafer, R. L. (1989). Modeling Soil Mechanical Behavior During Compaction. In: W. E. Larson, G. R. Blake., R. R. Allmaras., W. B. Voorhees e S. C. Gupta, eds. *Mechanics and related process in structured agricultural soils*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989, pp.137-152.

Hamilton-Baillie, B. (2006). *What is Shared Space?* [Internet] Disponível em <http://www.hamilton-baillie.co.uk/files/publications/6-1.pdf> [Consult. em 11 de junho de 2014].

Hall P. (2013). *Good Cities, Better Lives: How Europe Discovered the Lost Art of Urbanism*. London and New York: Routledge Taylor & Francis Group.

Harris, R. (1983). *Arboriculture: Care of Trees, Shrubs and Vines in the Landscape*. Englewood Cliffs-New Jersey: Prentice-Hall Inc.

Harvey, D. (1973). *Social Justice and the City*. Baltimore: Johns Hopkins Press

Harvey, D. (2012). *Rebel Cities: From the Right to the City to the Urban Revolution*. London and New York: Verso Books London

Helliwell, D. R. (1986). The extent of tree roots. *Journal of Arboriculture*, v. 10, pp. 341–347.

Hess, G. e Fischer, R. (2001). Communicating Clearly About Conservation Corridors. *Landscape and Urban Planning*, 55 (3), 195-208.

High line (s.d.). *James Corner Field Operations and Diller Scofidio + Renfro*. [Internet] Disponível em <http://www.thehighline.org/james-corner-field-operations-and-diller-scofidio-renfro> [Consult. em 16 de agosto de 2014].

Hilty, J. A., Lidicker Jr. W. e Merenlender, A. M. (2006). *Corridor Ecology: the Science and Practice of Linking Landscapes for Biodiversity Conservation*. Washington, DC: Island Press.

Hough, M. (1995). *Cities Form and Natural Process*. London and New York: Routledge.

Iakovoglou V., Thompson J. e Burras L. (2002). Characteristics of trees according to community population level and by land use in the midwest, U.S.A. *Journal of Arboriculture*, 28(2), 59-69.

IDEFICS. (2011). *Identification and prevention of Dietary - and lifestyle - induced health effects in Children and infants*. [Internet] Disponível em <http://www.ideficsstudy.eu/Idefics/> [Consult. em 12 de fevereiro de 2013].

Igespar. (2013). *Conjunto da Foz Velha*. [Internet] Disponível em <http://www.igespar.pt/pt/patrimonio/pesquisa/geral/patrimonioimovel/detail/342685/> [Consult. em 18 de dezembro de 2013].

Iman, K. Z. E. A. (2006). Role of Urban Greenway Systems in Planning Residential Communities: a Case Study from Egypt. *Landscape and Urban Planning*, 76 (1/4), 192-209.

Innerarity, D. (2010). *O Novo Espaço Público*. Lisboa: Teorema.

Innes, J. L, Skelly, J. M. e Schaub, M. (2001) Ozone and broadleaved species. A guide to the identification of ozone-induced foliar injury. Ozon, Laubholz- und Krautpflanzen. In: *Führer zum Bestimmen von Ozonsymptomen*. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. Bern, Stuttgart, Wien: Paul Haupt Verlag, 2001, pp. 2-136.

INE (1952). *IX Recenseamento Geral da População no continente e Ilhas Adjacentes em 15 de Dezembro de 1950*. [Internet] Disponível em http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=censos_historia_pt_1950 [Consult. em 22 de dezembro de 2011].

INE (1991). *Censos 91 – Resultados definitivos*. [Internet] Disponível em http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=censos_historia_pt_1991 [Consult. em 22 de junho de 2011].

INE (2001). *Dados estatísticos: Meio de transporte mais utilizado nos movimentos pendulares (N.º) por Local de residência (à data dos Censos 2001) e Principal meio de transporte; Decenal*. [Internet] Disponível em: http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine_censos_indicador&contexto=ind&indOcorrCod=0000684&selTab=tab10 [Consult. em 28 de fevereiro de 2011].

INE (2002). *Inquérito à Mobilidade da População Residente 2000*. Porto: Instituto Nacional de Estatística / Direcção regional do Norte.

INE (2003). *Movimentos Pendulares na Área Metropolitana do Porto 1991-2001 Deslocações entre o local de residência e o local de trabalho / estudo* [Internet] Disponível em <file:///C:/Users/Win7/Downloads/d030227.pdf> [Consult. em 20 de junho de 2013].

INE (2011^a). *Dados estatísticos do Censos de 2011 e de 2001. Indicadores* [Internet] Disponível em http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine_censos_indicadores [Consult. em 22 de junho de 2009].

INE (2011^b). *Quadros resumo: Quadros da População*. [Internet] Disponível em http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos_quadros_populacao [Consult. em 20 de março de 2013].

- INE (2013). *Dados estatísticos: Meio de transporte mais utilizado nos movimentos pendulares (N.º) por Local de residência (à data dos Censos 2011) e Principal meio de transporte; Decenal*. [Internet] Disponível em: http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0007093&contexto=b&d&selTab=tab2 [Consult. 8 de agosto de 2011].
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (s.d.^a). *Glossário Técnico* [Internet] Disponível em <http://www.icnf.pt/portal/florestas/gf/gloss-tec#aArvoresPesquisa> [Consult. em 17 de agosto de 2013].
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (s.d.^b). *Pesquisa de Arvoredo de Interesse Público*. [Internet] Disponível em <http://www.icnf.pt/portal/florestas/ArvoresPesquisa> [Consult. em 16 de dezembro de 2013].
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2013). *Arvoredo de Interesse Público*. [Internet] Disponível em <http://www.icnf.pt/portal/florestas/aip> [Consult. em 16 de agosto de 2014].
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2014). *Normais Climatológicas* [Internet] Disponível em <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/> [Consult. em 15 de maio de 2013].
- Isomaki, A. e Kallio, T. (1974). Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Acta Forestalia Fennica*, v. 136 pp. 2-25.
- J.A.E. (1987). *J.A.E. 60 anos – 1927-1987*. Lisboa: Secretaria de Estado das Vias de Comunicação / Junta Autónoma das Estradas.
- Jacobs, J. (1961). *Death and Life of Great American Cities*. Nova York: Random House.
- Jacobi, P. R. e Sinisgalli, P. A. (2012). Governança ambiental e economia verde Environmental Governance and the Green Economy. *Ciências Saúde Coletiva*, v.17, nº. 6.
- James, K. (2003). Dynamic loading of trees. *Journal of Arboriculture*, 29 (3), 165-171.
- Jim, C. Y. (1998). Urban Soil Characteristics and Limitations for Landscape Planting in Hong Kong. *Landscape and Urban Planning*, 40 (4), 235-249.
- Janice, F. B., Jeffrey, S. W. e Gilbert, C. L. (2008). Neighborhood Greenness and 2-year Changes in Body Mass Index of Children and Youth. *American Journal of Preventive Medicine*, 35 (6), 547-553.
- Jongman, R. (2002). Homogenisation and Fragmentation of the European Landscape: Ecological Consequences and Solutions. *Landscape and Urban Planning*, 58 (2/4), 211-221.
- Jongman, R. H. G.; Kulvik, M.; Kristiansen, I. (2004). European Ecological Networks and Greenways. *Landscape and Urban Planning*, 68 (2/3), 305-319.
- Kaplan S. e Talbot, J. (1983). Psychological benefits of a wilderness experience. In: I. Altman & J. F. Wohlwill, eds. *Behavior and the Natural Environment*. New York: Plenum, 1983, pp. 163-203.
- Kaplan, R. e Kaplan, S. (1989). *The Experience of Nature – a Psychological Perspective*. New York: Cambridge University Press.
- Kaplan, R. e Kaplan, S. (1990). Restorative experiences: the healing power of nearby nature. In: M. Francis e R. T. Jr. Hester, eds. *The Meaning of Gardens: Idea, Place and Action*. Cambridge: The MIT Press, 1990, pp. 238-243.
- Kaplan, S. (2004). Some hidden benefits of the urban forest. In: C.C. Konijnendijk; J. Schipperijn e K. H. Hoyer, eds. *Forestry serving urbanised societies*. Vienna, Austria: IUFRO (IUFRO World Series vol. 14), 2002, pp. 221-232.

- Kerkstra K. e Vrijland, P. (1990). Landscape Planning for Industrial agriculture: a Proposed Framework for Rural Areas. *Landscape and Urban Planning*, 18(3/4), 275-287
- Konijnendijk, C. C. (2003). A decade of Urban Forestry in Europe. *Forest Policy and Economics*, 5 (2), 173-186.
- Konijnendijk, C. C., Ricard, R., Kenney, A.e Randrup T. B. (2006). Defining Urban Forestry – a Comparative Perspective of North Europe. *Urban Forestry and Urban Greening*, 4 (3-4), 93-103.
- Koolhaas, R. e Mau, B. (1995). *S, M, L, XL*. New York: The Monacelli Press.
- Kopinga, J. (1991). The Effects of Restricted Volumes of Soil on the Growth and Development of Street Trees. *Journal of Arboriculture*, 17 (3), 57-63.
- Kopinga, J. (1994). Aspects of the Damage to Asphalt Road Pavings Caused by Tree Roots. In: G. Watson e D. Neely, eds. *The Landscape Below Ground: Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils*. Champaign, IL: International Society of Arboriculture, 1993, pp. 165-178
- Kopinga, J. e Van den Burg, J. (1995). Using Soil and Foliar Analysis to Diagnose the Nutritional Status of Urban Trees. *Journal of Arboriculture*, 21, (1), 17-23.
- Krizek, D. T., Carmi, A., Mirecki, R. M., Snyder, F. W e Bunce. J. A. (1985). Comparative effects of soil moisture stress and restricted root zone volume on morphogenetic and physiological responses of soybean. *Journal of Experimental Botany*, 36 (1), 25-38.
- Kühn, M. (2003). Greenbelt and Green Heart: Separating and Integrating Landscapes in European City Regions. *Landscape and Urban Planning*, 64 (1/2), 19-27.
- Kullmann, K. (2011). Thin Parks / Thick Edges: Towards a Linear Park Typology for (Post)infrastructural Sites. *Jola: Journal of Landscape Architecture*, nº 12, pp. 70-81.
- Lamas, J. G. (1993). *Morfologia Urbana e Desenho da Cidade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian e Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica.
- Larcher, W. (2003). *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*, (fourth edition). Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Lawrence, H. W. (1995). Changing forms and persist values: historical perspectives on the urban forest. In: Bradley, G.A., eds. *Urban Forest Landscapes: Integrating multidisciplinary perspectives*. Seattle Washington: University of Washington Press, 1995, pp.17-40.
- Lawrence, A. B., Escobedo, F. J., Staudhammer, C. L. e Zipperer, W. (2012). Analyzing Growth and Mortality in a Subtropical Urban Forest Ecosystem. *Landscape and Urban Planning*, 104 (1), 85–94.
- Le Tram de Bordeaux. (s.d.). *Bordeaux et le tramway, une longue histoire*. [Internet] Disponível em http://tram.bordeaux.free.fr/histoire_tram_bordeaux.htm [Consult. em 7 de agosto de 2014].
- Lemos T. C. (2011). Produção Social do Território – Algumas notas sobre a génese de um espaço residencial em Matosinhos. In: *Second International Conference of Urban Young Researches*. Instituto Superior das Ciências do Trabalho e da Energia (ISCTE).
- Little, C. E. (1990). *Greenways for America*. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press.
- Llardent, L. R. (1982). *Zonas verdes y espacios libres en la ciudad*. Madrid : Instituto de Estudios de Administración Local.

Lewis, P. H. (1996) *Tomorrow By Design: A Regional Design Process for Sustainability*. New York: Wiley.

Lu J. W. T., Svendsen E. S., Campbell, L. K., Greenfeld, J., Braden J., King K. e Falxa-Raymond, N. (2010). Biological, social, and urban design factors affecting young street tree mortality in New York City. *Cities and the Environment*, 3 (1), 1-15.

Lynch (1960). *The Image of the City*. Cambridge MA: MIT Press.

Lynch, K. (2007). *A Boa Forma da Cidade*. Lisboa: Edições70

Lynch, K. (2008). *A Imagem da Cidade*. Lisboa: Edições70.

Madureira, H. (2000). *Processos de Transformação da Estrutura Verde no Porto*. Dissertação de Mestrado em Planeamento e Projecto do Ambiente Urbano, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto e Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Madureira, H. (2008). *A infra-estrutura verde da Bacia do Leça; Uma estratégia para o desenvolvimento sustentável na região metropolitana do Porto*. Tese de Doutoramento Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Madureira, H. (2011). *A infra-estrutura verde da Bacia do Leça; Uma estratégia para o desenvolvimento sustentável na região metropolitana do Porto*. Porto: Edições Afrontamento.

Madureira, H. (2012). Infra-estrutura verde na paisagem urbana contemporânea: o desafio da conectividade e a oportunidade da multifuncionalidade. *Revista da Faculdade de Letras – Geografia-Universidade do Porto*, III série, vol I, pp. 33-43.

Magalhães, M. R. (2001). *A Arquitectura Paisagista: Morfologia e Complexidade*. Lisboa: Editorial Estampa.

Magalhães, L. M. S. (2006). Arborização e Florestas Urbanas – Terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. *Floresta e Ambiente, série técnica*, 1, pp. 23-26.

Maia, V. (2001). *Maia: Um Olhar sobre o séc. XX*. Maia: Biblioteca Municipal da Maia.

Mailliet, L. e Bourgerly, C. (1993). *L' Arboriculture Urbaine*. Paris: Institut pour le Développement Forestier.

Manning, W.J. e Feder, W.A. (1980). *Biomonitoring air pollutants with plants*. London: Applied Science Publishers Ltd.

MAOT. (2002). *Polis em Números. Programa Polis 2000*. Lisboa: Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.

Marques, H., Martins, L. P. S. e Fernandes J. A. R. (1984). O Aglomerado Urbano de Gondomar. Áreas de expansão preferencial. *Humanidades*, nº 4, pp. 61-68.

Marques, H.; Fernandes, J. R.; Martins, L. P. (1990). *Porto: Percursos nos espaços e memórias*. Porto: Edições Afrontamento.

Marques, J. A. (1999). Maia Cidade Tempo e História. In: P. Gadanh, coord. *Identificação de uma cidade*. Maia: Cuc – Centro de Cultura Urbana Contemporânea, 1999, pp. 43-52 (não publicado).

Marques, J. M. (2008). *Árvores e Arbustos em Portugal*. Lisboa: Argumentum.

Marques, T. D. P. (2009). *Dos Jardineiros Paisagistas e Horticultores do Porto de Oitocentos ao Modernismo na Arquitectura Paisagista em Portugal*. Tese de Doutoramento. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia.

Martins, L. M. (2008). Principais Constrangimentos Causados às Árvores Ornamentais. In: Fundação de Serralves, ed. *Actas das Conferências do Parque de Serralves. Volume II | 2008- 2009*, pp. 35-57.

Martins, L. M. (2010). *Workshop Gestão e Cirurgia de Árvores*. [Internet] Disponível em http://aeef-utad.wikispaces.com/file/view/Curso_Gest_Cirur_Arvo_20-22_Maio_2010.pdf. [Consult. em 25 de julho de 2011].

Martins, L. P. S. (1992). Do passeio público ao jogo de cartas: apontamentos sobre os espaços ajardinados do Porto. In: *Actas do VI Colóquio Ibérico de Geografia*, pp. 627-640.

Massavanhade, A.M.C. (2010). *Avaliação do Estado Actual de Desenvolvimento e da Situação Fitossanitária dos Arvoredos, Bosquetes e Maciços Classificados de Interesse Público do Concelho de Lisboa*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre, Instituto Superior de Agronomia.

Mayor of London. (2012). *Green infrastructure and open environments: the all London Green Grid (Supplementary Planning Guidance)*. London: Great London Authority - City Hall.

Mayor of London. (2008). *London Plan (Consolidated with alterations since 2004). Supplementary Planning Guidance Great*. London: London Authority - City Hall.

McHarg, I. (1969). *Design with nature*. New York: Natural History Press.

McKinney, M. (2006). Urbanization as a Major Cause of Biotic Homogenization. *Biological conservation*, v. 127, pp. 247-260.

McLaren, D. (1992). Compact or dispersed? Dilution is no solution. *Built Environment*, 18 (4), 268-284.

McPherson, E. G., Nowak, D., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C., Grant, R. e Rowntree, R. (1997). Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago Urban Forest Climate Project. *Urban Ecosystems* v. 1, pp. 49–61.

McPherson, E. G. e Simpson, G. R. A. (2002). Comparison of Municipal Forest Benefits and Costs in Modesto and Santa Monica. *Urban Forestry and Urban Greening*, v.1, pp. 61-74.

Meireles, M. A. (1992). Cronologia. In: *O Convento de Santo António da Cidade: exposição no 150º aniversário da instalação definitiva e da abertura oficial da Biblioteca Pública Municipal do Porto: B.P.M.P., 1992*, pp. 1-2.

Melo, A. (2009). *Memória & Prospectiva 2: Ilídio Alves de Araújo – Economia, Arquitectura, e Gestão das Paisagens: Um longo Olhar (1949-2009)*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte. [Internet] Disponível em http://www.ccdn.pt/fotos/editor2/ccdrn/19300_ccdrn_40anos_v2b.pdf [Consult. em 12 de julho de 2013].

Metro do Porto. (s.d.). *Metro em Números*. [Internet] Disponível em: http://www.metrodoporto.pt/PageGen.aspx?WMCM_PaginaId=16290. [Consult. em 24 de março de 2013].

Metro do Porto. (2011). *80 pontos de Satisfação*. [Internet] Disponível em http://www.metrodoporto.pt/PageGen.aspx?WMCM_PaginaId=16779¬iciald=23581&pastaNoticiasReqId=15503 [Consult. em 28 de maio de 2013].

Metro do Porto. (2012). «ACROSS» *Vencem Música na Rua. Mais de 200 concertos no Metro*. [Internet] Disponível em: http://www.metrodoporto.pt/PageGen.aspx?WMCM_PaginaId=16779¬iciald=25146&pastaNoticiasReqId=15502 [Consult. em 18 de Maio de 2013].

Metro do Porto. (2013). *A vida em Movimento. O nível mais elevado de sempre*. [Internet] Disponível em: http://www.metrodoporto.pt/PageGen.aspx?WMCM_PaginaId=16779¬icialId=26090&pastaNoticiasRegId=15503 [Consult. em 28 de Maio de 2013].

Meyer, W. (2007). *Persistence of Memory: Scent Gardens for Therapeutic life review in communities for the elderly*. Disponível em <http://www.asla.org/ppn/Article.aspx?id=25296> [Consult. em 18 de março de 2013].

Milano, M. S. (1988). *Avaliação quali-quantitativa e manejo da arborização urbana de Maringá*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Miller, R. W. (1997). *Urban Forestry – Planning and Managing Urban Greenspaces*. (2ª Edição). New Jersey: Prentice Hall.

Ministry of Infrastructure and the Environment. (2011). *Summary National Policy Strategy for Infrastructure and Spatial Planning*. Netherlands: Ministry of Infrastructure and the Environment.

Miranda, A. (2004). *Arquitectura Industrial em Matosinhos*. Prova Final para a Licenciatura em Arquitectura, Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto.

Mitchell, R. e Popham, F. (2008). Effect of Exposure to Natural Environment on Health Inequalities: an Observational Population Study. *The Lancet*, 372 (9650), 1655-1660.

Molchanov, A. (1963). *Hidrologia Florestal*. Lisboa: Fundação Gulbenkian.

Montagna, R. G., Fernandes, P. S., Rocha, F. T., Florsheim., S. M. B. e Couto, H. T. Z. (1993). Influência da Desrama Artificial sobre o Crescimento e a Densidade Básica da Madeira de *Pinus elliotii* var. *elliotii*. *Série Técnica IPEF*, 9, (27), 35-46.

Monteiro, A. (1989). A importância dos estudos de climatologia regional para a compreensão dos processos de degradação da qualidade do ar: o exemplo da cidade do Porto entre 1 Abril 1987 a 31 de Março de 1989: *Actas de Conferencia internacional*, pp. 149-161.

Monteiro, A. (1993). *O Clima Urbano do Porto: Contribuição para a Definição das Estratégias de Planeamento e Ordenamento do Território*. Tese de Doutorado, Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

Monteiro, A. (2001^a). Os impactes no clima, na qualidade do ar e na saúde enquanto potenciais indicadores da (Ausência de) estratégia de desenvolvimento de um espaço urbano. Estudo de caso na Área Metropolitana do Porto. In: *Actas da VII Conferência sobre a Qualidade do Ambiente*, Aveiro, pp 851-869.

Monteiro, A. (2001^b). *Importância dos espaços verdes para a promoção do conforto bioclimático e da qualidade do ar na cidade do Porto*. Porto: Universidade do Porto (Relatório Técnico).

Moreira, J. M. (2008). *Árvores e Arbustos em Portugal*. Lisboa: Argumentum.

Mossop, E. (2006). Landscapes of infrastructure. In: C. Waldheim ed. *The landscape urbanism reader*. New York: Princeton Architectural Press, 2006, pp. 163-178.

Mulazzani, M. (2006). Uma Obra naturalmente Artificial. In: F. Fernandes e M. Cannatá, aut. *A Arquitectura do Metro. Obras e Projectos na Área Metropolitana do Porto*. Eduardo Souto Moura. Porto: Livraria Civilização Editora, 2006, pp. 11-13.

Munné-Bosch, S. e Alegre, L. (2004) Die and let Live: Leaf Senescence Contributes to plant Survival under Drought Stress. *Functional Plant Biology*, v. 31, pp. 203-216.

Navarro, F. (Eds.) (2005). *História Universal – O século XIX na Europa e na América do Norte*. Portugal: Público.

Newman, P. e Kenworthy, J. (1989). Gasoline Consumption in Cities: a Comparison of US Cities with a Global Survey. *Journal of America Planning Association*, v. 55, pp. 24-37.

Newman, P. e Kenworthy, J. (2006). Urban Design to Reduce Automobile Dependence. *Opolis*, 2 (1), 35-52.

Nicolini E., Chanson B. e Bonne F. (2001). Stem growth and epicormic branch formation in understorey beech trees (*Fagus sylvatica* L.). *Annals of Botany*, 87 (6), 737-750.

Noss, R. F. (1993). Wildlife corridors. In: D. S. Smith; P. A. Hellmund, eds. *Ecology of Greenways*. Minneapolis, Minnesota: University of Minnesota Press, 1993, pp. 43-68.

Nowak, D. J., McBride, J. R. e Beatty R. A. (1990). Newly Planted Street Tree Growth and Mortality. *Journal of Arboriculture*, 16 (5), 124-129.

Nowak D. J., Kuroda M., Daniel E. e Crane D. E. (2004). Tree Mortality Rates and Tree Population Projections in Baltimore, Maryland, USA. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2(3), 139–147.

Nowak, D. J. e Dwyer J.F. (2007). Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In: J. E. Kuser, ed. *Urban and community forestry in the Northeast*. Netherlands: Springer, 2007, pp. 25–46.

Nowak, D., Hirabayashi, S., Bodine, A. e Greenfield, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*, v. 193, pp. 119-129.

Nunes, S. F. C. (1998). *A evolução urbana de Matosinhos (1890-1909)*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

Nunes, J. F. (2010). *João Ferreira Nunes [PROAP] : Obras / Works, 1994-2010 : Monográficos del Paisaje / Landscape Monographs*. Barcelona: Asflor ediciones.

Olgyay, V. (1998). *Arquitectura y Clima – Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*. Barcelona: Editora Gustavo Gili, S.A.

Oliveira, C. (1983). *O concelho de Gondomar. Apointamentos Monográficos*. Porto: Tipografia Gráficos Reunidos.

Oliveira, J. M. (2000). Lazer em Leça da Palmeira: Lazer e Evolução Urbana Litoral entre Finais do século XIX e meados do século XX. *Revista da Faculdade de Letras. Geografia*, I série, vol XV/XVI, 1999-2000, pp. 97-115.

Oliveira, C. (2007). *Metro do Porto – Os Passos do maior Investimento do Século XX na Área Metropolitana do Porto*. Porto: Edições Afrontamento.

Oliveira, S. e Lopes, A. (2007). Metodologia de avaliação do risco de queda de árvores devido a ventos fortes. O caso de Lisboa. In: *FCSH. Actas do VI Congresso da Geografia Portuguesa*, pp.17-20.

Oliver, C. D. e Larson, B. C. (1996). *Forest Stand Dynamics*. (Update Editio). New York: John Wiley & Sons, Inc. pp. 41 – 255.

Owens, S. e Rickaby, P. (1992). Settlements and Energy Revisited. *Built Environment*, 18 (4), 247-252.

Pacheco, E. T. (1992^a). Os Transportes Colectivos Rodoviários no Grande Porto. *Revista da Faculdade de Letras – Geografia*, I Série, v. VIII, pp. 5-64.

- Pacheco, E. M. T. (1992^b). *Os Transportes Colectivos Rodoviários no Grande Porto (Ensaio de Geografia Humana)*. Dissertação de mestrado, Departamento de Geografia da Universidade do Porto.
- Pandey, A. e Srivastava, R. K. (2012). Wastewater Treatment Efficiency and Biomass growth of short rotation Bio-energy Trees in modified overland flow Land Treatment System. *International Journal of Environmental Sciences*, 3 (1), 591-604.
- Palomo, P. J. S. (2003). *La Planificación verde en las ciudades*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili SA.
- Passioura, J. B. (1991). Soil structure and plant growth. *Australian Journal of Soil Research*, 29 (6), 717-728.
- Patterson, J. C., Murray, J. J. e Short, J. R. (1980). The Impact of Urban Soils on Vegetation. In: *METRIA 3*, ed. Proceedings of. Conf. Metropolitan Tree Improve. Alliance. North Carolina, State Univ. Raleigh, pp. 33-56.
- Patterson, G. (1990). Trees in Urban Areas. In: B. Clouston, ed. *Landscape Design With Plants*. (Second Edition). London: Landscape Institute, 1990, pp. 24- 39.
- Pauleit, S. e Duhme, F. (2000). Gis Assessment of Munich´s Urban Forest Structure for Urban Planning. *Journal of Arboriculture*, 26 (3), 133-141.
- Pauleit, S., Jones, N., Garcia-Martin, G., Garcia-Valdecantos, J. L., Riviere, L. M., Vidal-Beaudet, L., Bodson, M. e Randrup, T. B. (2002). Tree establishment practices in towns and cities: results from a European survey. *Urban Forestry and Urban Greening*, v. 1, pp. 83-86.
- Pedron, F. A., Dalmolin, R. S. D., Azevedo, A. C. e Kaminski, J. (2004) Solos urbanos. *Ciência Rural*, 34 (5), 1647-1653.
- Peixoto, P. (2009). Requalificação Urbana. In: C. Fortuna; P. R., Leite, eds. *Plural de cidade: Novos Léxicos Urbanos*. Coimbra: Edições Almedina SA., 2009, pp. 41-52.
- Pereira, J. C. D. e Ahrens, S. (2003). O Efeito da Desrama sobre a Espessura e a Densidade da Madeira dos Anéis de Crescimento de *Pinus taeda* L. *Colombo*, nº 46, pp. 47-56.
- Pereira, R. I. (2006). *O sentido da paisagem e a paisagem consentida: projetos participativos na produção de espaço livre público*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo.
- Pereira, J. (2007^a). Obesidade e saúde pública: editorial. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, v. 25, nº1, Jan/Jun 2007, pp. 3.
- Pereira, J. (2007^b). O futuro da floresta – as alterações climáticas. In: J. S. Silva, ed. *Árvores e Florestas de Portugal – Floresta e Sociedade: uma história em comum*. Lisboa: Público, Comunicação Social, S.A., Fundação Luso Americana para o Desenvolvimento, 2007, pp. 127-142.
- Petersen, A. e Eckstein, D. (1988). Roadside Trees in Hamburg: Their present situation of Environmental Stress on their future change for recovery. *Journal of arboriculture*, v.12, pp.109- 117.
- Pillar, V. P. (1995). *Clima e vegetação*. [Internet] Disponível em http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br/arquivos/Reprints&Manuscripts/Manuscripts&Misc/6_Clima_95Nov07.pdf [Consult. em 27 de janeiro de 2013].
- Pinho, P. (Coord.) (2001). *Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Concelho da Maia*. Maia: Câmara Municipal da Maia, Laboratório de Planeamento do Território e Ambiente da FEUP (relatório técnico).

Pinho, P., Vilares, M., Morgado, A. J., Silva C., Lopes, E., Moura e Sá, F. e Torres, M. (2008). *Avaliação do Impacto Global da 1ª Fase do Projeto do Metro do Porto*. Porto: FEUP, Universidade Nova (relatório técnico).

Pinto, M. (2011). *Fernando Pinto de Oliveira – Um Homem além do seu tempo*. Câmara Municipal de Matosinhos: Quidnovi QN – Edição e Conteúdos.

Plano de Arborização do Concelho da Maia (2005). *Plano de Arborização do Concelho da Maia*. Maia: Departamento do Ambiente, Gabinete de Estudos de Planeamento Estratégico (não publicado).

Portal do Ambiente e do Cidadão da Maia. (s.d.). *Projetos: Espaços Verdes*. [Internet] Disponível em http://ambiente.maiadigital.pt/ambiente/parques_jardins/projectos-1 [Consult. em 5 de novembro de 2013].

Portas, N. (2005). *Os tempos das Formas: A Cidade Feita e Refeita*. Vol I. Guimarães: Departamento Autónomo de Arquitectura da Universidade do Minho - DAAUM.

Portas, N. e Travasso, N. (2011). Estruturas e fragmentos. In: *Políticas Urbanas II: Transformações, Regulação e Projectos*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, pp. 163-229.

Quinta da Gruta. (s.d.). *Complexo de Educação Ambiental da Quinta da Gruta*. [Internet] Disponível em <http://www.quintadagruta.cm-maia.pt/> [Consult. em 5 de novembro de 2013].

Ramos, L. O. (2000). *História do Porto*. (3ª Edição). Porto: Porto Editora.

Ramos, P. e Caetano, M. F. (2003). A importância da fitossanidade na selecção, na gestão e manutenção das espécies arbóreas. In: *Arboricultura Urbana em Portugal: Evolução e Tendências*. Lisboa: I Congresso da Sociedade Portuguesa de Arboricultura, 2003, pp. 75-81.

Ribeiro, L. F. (1998). *The cultural landscape and the uniqueness of place: A greenway heritage network for landscape conservation of Lisbon Metropolitan area*. Ph.D. Dissertation in Regional Planning, University of Massachusetts.

Ribeiro, L. e Barão T. (2006). Greenways for Recreation and Maintenance of Landscape Quality: five case studies in Portugal. *Landscape and Urban Planning*, 76 (1-4), 79-97.

Ribeiro Telles, G. (1997). *Plano Verde de Lisboa*. Lisboa: Edições Colibri.

Ribeiro Telles, G. (2003^a). Os Espaços Verdes no Urbanismo contemporâneo. In: *A Utopia e os Pés na Terra*. Lisboa: Instituto Português dos Museus, 2003, pp. 331.

Ribeiro Telles, G. (2003^b). A cidade e a paisagem Global do Século XXI. In: *A Utopia e os Pés na Terra*. Lisboa: Instituto Português dos Museus, 2003, pp. 332-340.

Ribeiro, V. P. R. (2012). *Mobilidade e da População aos Serviços de Saúde: o Caso do Município de Braga*. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho.

Rodrigues, D. (2012). *Património cultural, Memória social e Identidade: uma abordagem antropológica*. Revista Online da Universidade da Beira Interior. [Internet] Disponível em <http://www.ubimuseum.ubi.pt/n01/docs/ubimuseum-n01-pdf/CS3-rodriques-donizete-patrimonio-cultural-memoria-social-identidade-uma%20abordagem-antropologica.pdf> [Consult. em 27 de janeiro de 2013].

Rodrigues Meireles, R. F., Farinha-Marques, P., Bell, S. e Silveirinha de Oliveira, E. (2013) Perceived use of green urban parks: user's assessment of five case-studies. In: C. Sørensen and K. Liedtke, eds. *SPECIFICS: Discussing Landscape Architecture*. Hamburg: ECLAS Conference, 2013, 8 pp.

Roemmich, J. N., Epstein, L. H., Raja, S., Yin, L., Robinson, J. e Winiewicz, D. (2006) Association of access to Parks and Recreational facilities with the physical activity of young children. *Preventive Medicine*, 43, (6), 437-441.

Rogers, R. (1997). *Cities for a Small Planet*. London: Faber & Faber.

Rose Fitzgerald Kennedy Greenway. (s.d.). *Greenway History*. [Internet]. Disponível em <http://www.rosekennedygreenway.org/about-us/greenway-history/> [Consult. em 16 de agosto de 2014].

Rossetti, A. I. N., Mesquita Pellegrino, P. R. e Tavares A. R. (2010). As Árvores e suas Interfaces no ambiente Urbano. *REVSBAU*, 5 (1), 1-24.

Ruark, G. A., Mader, D.L. e Tattar, T. A. (1982). The influence of Soil Compaction and Aeration on the Root Growth and Vigour of Trees - a literature review. Part 1. *Arboricultural Journal* v. 6, pp. 251–265.

Russel, R. S. e Goss, M. J. (1974). Physical aspects of Soil Fertility: the response of roots to the mechanical impedance. *Journal of Agricultural Science, Wageningen*, v. 22, pp. 305-318.

Sæbø A.; Borzan, Ž.; Ducatillion, C.; Hatzistathis, A.; Lagerström, T.; Supuka, Jan; García-Valdecantos, J. L.; Rego, F.; Slycken J. V. (2005). The Selection of Plant Materials for Street Trees, Park Trees and Urban Woodland. In: C. Konijnendijk; K. Nilsson; T. B. Randrup; J. Schipperijn, eds. *Urban Forests and Trees: A Reference Book*, 2005, pp. 257- 280.

Salgado, M., Lourenço, N., Salgado, T., Fei, M. e Albuquerque, P. (2003). *Plano de Pormenor das Antas*. Risco. [Internet] Disponível em http://www.risco.org/pt/02_03_ppantas.jsp [Consult. em 27 de janeiro de 2013].

Santos, V., Viana, H., Fernandes, J. M. e Barracosa, P. (2005). Ensaio de Transplantes no Parque Botânico Arbutus do Demo (Vila Nova de Paiva). In *A Floresta e as Gentes*. 5º Congresso Florestal Nacional. Viseu: Sociedade Portuguesa das Ciências Florestais e Instituto Politécnico.

Sander, H., Polasky, S. e Haight, R. G. (2010). The value of urban tree cover: a hedonic property model in Ramsey and Dakota Counties, Minnesota, USA. *Ecological Economics*, 69 (8), 1646-1656.

Santamour, F. S. (1990). Trees for urban planting: diversity, uniformity, and common Sense. In: *METRIA 3*, ed. Proceedings of the 7th Conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance, pp. 57-65.

Sassen, S. (1991). *The Global City*. Princeton: Princeton University Press.

Schallenberger, L. S., Araujo, A. J., Michiko N., Deiner, L. Jay e Machado, G. O. (2010). Avaliação da condição de árvores urbanas nos principais parques e praças do município de Irati-PR. *REVSBAU*, 5 (2), 105-123.

Searns, R. M. (1995). The evolution of Greenways as an adaptative Urban Landscape Form. *Landscape and Urban Planning*, 33 (1/3), 65-80.

Secchi, B. (2005). *La Città del Ventesimo Secolo*. Roma: Laterza.

Seitz, R. A. (1996). *A Poda de Árvores Urbanas. 1º Curso em Treinamento sobre Poda em Espécies Arbóreas Florestais e de Arborização Urbana*. [Internet] Disponível em http://www.ipef.br/publicacoes/curso_arborizacao_urbana/cap07.pdf. [Consult. em 15 de dezembro de 2012].

Sieghardt, M., Mursch-Radlgruber, E., Paoletti, E., Couenberg, E., Dimitrakopoulos, A., Rego, F., Hatzistathis, A e Randrup, Barfoed, T. (2005). The abiotic urban environment: impact of urban growing conditions on urban vegetation. In: C. C. Konijnendijk; K. Nilsson; T. B. Randrup; J. Schipperijn, red. *Urban forests and trees: a reference book*. Berlim: Springer, 2005, pp. 281-323.

- Simões, J. F. (2002). Cidade para Todos. *Revista Sociedade e Território*, nº 33, pp. 83-86.
- Smith, D. S. e Hellmund, P.L. (1993). *Ecology of Greenways*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Soja, E. W. (2000). *Postmetropolis: Critical Studies of Cities and Regions*. Oxford: Basil Blackwell.
- Sort, J. J. (2006). *Redes Metropolitanas. Metropolitan Networks*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili. SA.
- Sousa, F. e Alves J. F. (2001). *Os transportes Colectivos do Porto. Perspectiva histórica*. Porto: STCP, S.A. – Sociedade de Transportes Colectivos do Porto, S.A.
- Sousa, E. M., Achando, M. F., Inácio, M. L., Rodrigues, J. M., Ribeiro, D., Barros, M. C., Anastácio, D., Vicente, H. P., Evangelista, M., Mateus, M. F., Oliveira, A. e Cardoso, M. M. (2008). *Identificação e Monitorização de Pragas e Doenças em Povoamentos florestais*. EFN/DGRF - MADRP/DGRF/INRB, I.P./UTAD. [Internet] Disponível em <http://www.icnf.pt/portal/agir/boapratic/resource/doc/prag/publicacao-agro-pragas-doencas-2012janeiro> [Consult. em 7 de agosto de 2013].
- Souto Moura, E. (2006). O Território da Arquitectura *In*: F. Fernandes e M. Cannatá, aut. *A Arquitectura do Metro. Obras e Projectos na Área Metropolitana do Porto*. Eduardo Souto Moura. Porto: Livraria Civilização Editora, 2006, pp. 15-16.
- Spirn, A. W. (1984). *The Granite Garden: Urban Nature and Human Design*. New York: Basic Books.
- Stack, R.; McBride, D e Lamey, A (1996). *Dutch elm disease*. North Dakota state University Tree Publication PP324. North Dakota State University, Extension Service. [Internet] Disponível em www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/trees/pp324w.htm [Consult. em 23 agosto 2013].
- Staempfli, M. B. (2009). Reintroducing Adventure Into Children's Outdoor Play Environments. *Environment and Behavior*, 41 (2), 268-280.
- Steiner, F. R. (2000). *The Living Landscape: An Ecological Approach to Landscape Planning*. (Second Edition). Washington: Island Press.
- Steiner, F. R. (2002). *Human ecology: Following Nature's Lead*. Washington DC: Island Press.
- Taiz, L. e Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology*. (Fifth Edition). Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Tavares, R. (2004). Urban recentering. Memory and urban refoundation. The Oporto Replanning of Central Area by Barry Parker. *In*: Actas 11th Conference of the International Planning History Society, Barcelona.
- Tavares, R. F. J. B. T. (2013). *Recentrocidade. Memória e Refundação Urbana Território. Cidade. Arquitectura*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Távora, B. (2006). Projectos de Arquitectura e Inserção Urbana em Matosinhos, Porto e Maia. *In*: F. Fernandes e M. Cannatá, aut. *A Arquitectura do Metro. Obras e Projectos na Área Metropolitana do Porto*. Eduardo Souto Moura. Porto: Livraria Civilização Editora, 2006, pp. 157-167.
- Taylor, A. F., Wiley, A., Kuo, F.E e; Sullivan, W.C. (1998). Growing up in the inner city – green spaces as places to go. *Environment and Behaviour*, 30 (1) 3-27.
- Taylor, P., Fahrig, L. e With, K. (2006). Landscape Connectivity: A Return to Basics. *In*: K. R. Crooks e M. Sanjayan, eds. *Connectivity Conservation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006, pp. 29-43.
- Taylor, A. F. e Kuo, F. E. (2009). Children with attention Deficits Concentrate better after walk in the Park. *Journal of Attention Disorders*, v. 12, pp. 402-409.

Teles, P. (2005). *Os Territórios (sociais) da Mobilidade: um Desafio para a Área Metropolitana do Porto*. Aveiro: Lugar do Plano.

Tello, M. L., Tomalak, M., Ryszard S. †., Gáper, J. e Mateo-Sagasta, E. M. E. (2005). Biotic Urban Growing Conditions – Threats, Pests and Diseases. In: C. Konijnendijk; T. Randrup; J. Schipperijn, eds. *Urban Forests and Trees*, Berlim, 2005, pp. 325-365.

Thompson, I. H. (2012). Ten Tenets and Six Questions for Landscape Urbanism. *Landscape Research*, 37 (1), 7-26.

Tojo, J. F. (1998). *La ciudad y el Medio Natural*. Madrid: Edições Akal, SA.

Transport for London. (s.d.). *London Underground*. [Internet] Disponível em <http://www.tfl.gov.uk/corporate/about-tfl/what-we-do/london-underground> [Consult. em 7 de agosto de 2014].

Tribunal de Contas. (2004). *Auditoria Casa da Musica/Porto 2001 S.A. Relatório nº 24/04 – 2ª secção. Volume 1*. [Internet] Disponível em http://www.tcontas.pt/pt/actos/rel_auditoria/2004/rel025-2004-2s.pdf [Consult. em 2 de dezembro de 2013].

Trigueiros, L. (Ed.) (1993). *Fernando Távora*. Lisboa: Editorial Blau.

Turner, T. (1995). Greenways, blueways, skyways and other ways to a better London. *Landscape and Urban Planning*, v. 33, pp. 269-282.

Tyrväinen, L., Pauleit, S., Seeland, K. e Vries, S. (2005). Benefits and uses of urban forest and trees. In: C. C. Konijnendijk; K. Nilsson; T. B. Randrup; J. Schipperijn, eds. *Urban Forest and Trees*. Berlim: Springer, 2005, pp. 81-114.

Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kázmierczak, A., Niemela, J. e James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, v. 81, pp. 167–178.

Ulrich, R. S. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224, pp. 420–421.

Ulrich, R. S. (1999). Chapter 2, Effects of Gardens on Health Outcomes: Theory and Research. In: M. Cooper; C. e M. Barnes eds. *Healing Gardens: Therapeutic Benefits and Design Recommendations*. New York: John Wiley & Sons, pp. 27-86.

Ulrich, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A e Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to Natural and Urban Environments. *Journal of Environmental Psychology*, v. 11, pp. 201–230.

Valente, S. (2004). *Áreas Metropolitanas Vivências, Mobilidades e Qualidade de Vida*. Relatório Final. Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa.

Van der Valk, A. e Faludi, A. (1992) Growth Regions and the Future of Dutch Planning Doctrine. In: M. Breheny, ed. *Sustainable Development and Urban Form*. London, Pion, 1992, pp. 122-137.

Vasconcelos, D. R., Sousa, F. S. e Dias, J. R. (2011). A frente marítima do Porto: uma paisagem urbana a salvaguardar e valorizar. In: *O mar: patrimónios, usos e representações*. Porto: II Encontro CITCEM, FLUP, 2011, 9 pp.

Vázquez, I. (1993). *O processo de Suburbanização no Grande Porto. A Evolução da Cidade do Porto e a Estruturação Territorial dos Concelhos Periféricos*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Verslues P., Agarwal M, Katiyar-Agarwal, S, Zhu, J. e Zhu, J. K. (2006) Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *The Plant Journal*, 45 (4), 523-539.

Viana, S. M., Tosetti, L. L., Rollo, L. C. P. e Silva Filho, D. F. (2012) Valoração monetária: Pesquisas em Floresta Urbana. *REVSBUA*, 7 (1), 76-88.

Viana-Barreto, A. V. (1998). O Avanço da Metropolitização do Território e a Intervenção do Arquitecto Paisagista na Arquitectura da Nova Paisagem. In: Associação Portuguesa dos Arquitectos Paisagistas, ed. *Actas do 1º Congresso Nacional de Arquitectura Paisagista*, pp. 26.

Viles, R. L. e Rosier, D. J. (2001). How to use roads in the creation of greenways: case studies in three New Zealand landscapes. *Landscape and urban planning*, 55 (1), 15-27.

Viñas, F. N. (1992). *El Árbol en Jardinería y Paisajismo*. Barcelona: Ediciones Omega, SA.

Vuk, G. (2006). *Transport Impacts of the Copenhagen Metro*. Danish Transport Research Institute. Denmark. [Internet] Disponível em http://web.mit.edu/11.951/oldstuff/albacete/Other_Documents/Europe%20Transport%20Conference/local_public_transport/transport_impacts_1357.pdf [Consult. em 7 de maio de 2014].

Waldheim, C. (2006^a) Introduction: A reference manifesto. In: C. Waldheim, ed. *The Landscape Urbanism Reader*. New York: Princeton Architectural Press, 2006, pp. 11-18.

Waldheim, C. (2006^b) Landscape as Urbanism. In C. Waldheim, ed. *The Landscape Urbanism Reader*. New York: Princeton Architectural Press, 2006, pp. 36-53.

Watson, G. (2002) Comparing formula methods of tree appraisal. *Journal of Arboriculture*, 28 (1) 11–18.

Whitford, V., Ennos, A. R. e Handley, J. F. (2001). City form and natural process indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. *Landscape and urban planning*, v. 57, pp. 91-103.

Whitlow, T. e Bassuk, N. (1988). Ecophysiology of urban trees and their management—The North American experience. *HortScience*, v. 23, pp. 542-546.

World Health Organization. (s.d.). *Definition of an older or elderly person* [Internet] Disponível em <http://www.who.int/healthinfo/survey/ageingdefnolder/en/> [Consult. em 27 de julho de 2014].

World Health Organization. (2006). *Constitution of the World Health Organization. Basic Documents, Forty-fifth edition, Supplement, 2006*. [Internet] Disponível em http://www.who.int/governance/eb/who_constitution_en.pdf [Consult. em 22 de dezembro de 2013].

World Health Organization. (2014). *Urban population growth* [Internet] Disponível em http://www.who.int/gho/urban_health/situation_trends/urban_population_growth_text/en/ [Consult. em 27 de julho de 2014].

Xiao, Q., McPherson, E. G., Simpsonfl, J. R. e Ustin, S. L. (1998). Rainfall interception by Sacramento's urban forest. *Journal of Arboriculture*, 24 (4), 235-244.

Zube, E. H. (1995). Greenways and the US national park system. *Landscape and Urban Planning*, 33 (1/3), 17-25.

ARQUIVOS MUNICIPAIS

Arquivo Municipal de Gondomar

Sottomayor, D. N. (1975). *Parque Municipal de Gondomar – Quinta das Freiras – Rio Tinto*. 1975. Lisboa.

Câmara Municipal de Gondomar (1983). *Plano de Recuperação da Quinta das Freiras, da Freguesia de Rio Tinto*. 1983. Serviços da Câmara Municipal de Gondomar. Gondomar, C.M.M.

Câmara Municipal de Gondomar (1990). *Arranjo Urbanístico da Quinta das Freiras – Rio Tinto – Canalização do Rio Tinto para futura ligação da rua da Ranha à Travessa Calouste Gulbenkian – Rio Tinto*. 1990. Gondomar, C.M.M.

AGPI (1996). *Concurso “Arranjo urbanístico da Quinta das Freiras – Rio Tinto” 1996*. AGPI – Arquitetura, Gestão e Promoção Imobiliária, Lda. Porto.

Arquivo Municipal de Matosinhos

Câmara Municipal do Concelho de Matosinhos (1930). *Planta do Jardim de Leça da Palmeira*. 14 de Agosto de 1930. 2ª Repartição-Técnica da Câmara Municipal do Concelho de Matosinhos.

Câmara Municipal do Concelho de Matosinhos (1930). *Planta de melhoramentos no Largo do Castelo*. 1930. Serviços de Engenharia da Câmara Municipal do Concelho de Matosinhos.

Câmara Municipal do Concelho de Matosinhos (1936). *Projecto referente à Avenida Victoria, entre o Parque Bazilio Teles e a Avenida da Republica sobre uma copia da parte da planta geral da Vila de Matosinhos, aprovada em 16 de Abril de 1919*. 2ª Repartição - Técnica da Câmara Municipal do Concelho de Matosinhos.

GABINETES DE PROJETOS

Aparte (2001^a). *Linha C – Troço T6 – Sectores E, F, G e H. Projecto de Execução de Arquitectura Paisagista*. Porto: Aparte – Consultores de Arquitetura Paisagista, Lda.

Aparte (2001^b). *Av. Calouste Gulbenkian – Av. Vasco da Gama - TROÇO T6. Projecto de Execução de Arquitectura Paisagista*. Porto: Aparte – Consultores de Arquitetura Paisagista, Lda.

Aparte (2001^c). *Linha C - TROÇO T6 – Sectores B, C e D. Projecto de Execução de Arquitectura Paisagista*. Porto: Aparte – Consultores de Arquitetura Paisagista, Lda.

Aparte (2001^d). *Rua da Lagoa – Troço T6. Projecto de Execução de Arquitectura Paisagista*. Porto: Aparte – Consultores de Arquitetura Paisagista, Lda.

Costa, Laura (2004^a). *Ligação do Metro ao Aeroporto Francisco Sá Carneiro ao longo da EN-107. Projeto de Execução do Projeto de Inserção Urbana – Paisagismo*. Porto: Laura Roldão Costa.

Costa, Laura (2004^b). *Linha P – Troço T7 – Estação de Custóias. Projeto de Execução do Projeto de Inserção Urbana – Paisagismo*. Metro do Porto S. A. Porto: Laura Roldão Costa.

Costa, Laura (2005^a). *Estação de Araújo. Projeto de Execução do Projeto de Inserção Urbana – Paisagismo*. Metro do Porto S. A. Matosinhos: Matosinhos: Laura Roldão Costa.

Costa, Laura (2005^b). *Estação Cândido dos Reis. Projeto de Execução do Projeto de Inserção Urbana – Paisagismo*. Metro do Porto S. A. Matosinhos: Laura Roldão Costa.

Costa, Laura (2005^c). *Estação de Custió. Projeto de Execução do Projeto de Inserção Urbana – Paisagismo*. Metro do Porto S. A. Matosinhos: Laura Roldão Costa.

Costa, Laura (2005^d). *Estação de Pias. Projeto de Execução do Projeto de Inserção Urbana – Paisagismo*. Metro do Porto S. A. Matosinhos: Laura Roldão Costa.

Costa, Laura (2007). *Linha Antas / Gondomar – Troço Parque Nascente / Cabanas*. Projeto de Execução do Projecto de Arquitetura Paisagista. Matosinhos: Laura Roldão Costa.

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1 Localização das linhas e estações em estudo (marcados a vermelho) em Matosinhos, Maia e Gondomar	7
1.2 Diagrama metodológico	12
2.1 London's strategic open space network de 2004	40
2.2 Finger plan 2007	41
2.3 Green Heart como centro do Randstad	42
2.4 Proposta de delimitação do sistema de parques regionais de Berlim	44
2.5 Emerald Necklace de Frederick Law Olmsted. Boston 1878. Mapa de 1896	49
2.6 Open Space Plan for the Commonwealth of Massachusetts, 1928	50
2.7. Wisconsin Heritage Trail Plan de 1964 de Phil Lewis e New England Greenway Vision Plan (Fabos, Lindhult and Ryan 1999)	51
2.8 Detalhe do Mapa de Turgot. Publicado em 1739. Plantação de alinhamentos de árvores na cidade de Paris	69
2.9 "Square Garden", Regent square, Doncaster. Construído em meados do século XIX	70
2.10 Commonwealth Avenue Mall. 1870	71
2.11 Edifícios residenciais em Waldspirale, Darmstadt, Alemanha, construídos na década de 1990 e desenhados por Fritz Hundertwasserstadt. Coberturas arborizadas e com áreas de estadia	73
2.12 High Line em Nova Iorque (2010). Arborização sobre antiga linha ferroviária; percursos pedonais e zonas de estadia	74
2.13 Espaços arborizados e transportes públicos da Cidade do Porto no início séc. XX sobre mancha edificada de 1911	79
2.14 Postal ilustrado da praça Infante D. Henrique. 1888 – 1894. Jardim de Jeronimo Monteiro da Costa sem a estátua do Infante D. Henrique e com "americano" puxado por 6 mulas	80
2.15 Postal ilustrado da Praça de D. Pedro. Arborização da Praça e linha de "americano". 1900	81
2.16 Avenida da Boavista e Hospital Militar. Vista de ponte para nascente. Alinhamento de plátanos. Fotografia da foto Guedes: 1920-1930?	86
2.17 Postal ilustrado mostrando Arborização da marginal do Douro, carris para elétrico e circulação pedonal e rodoviária. 1910	88
2.18 Detalhe da Planta Geral da Costa de Portugal desde a Senhora da Boa Nova até à Foz do Rio Douro (s/d.) mostrando a alameda Passos Manuel em Matosinhos e jardim em Leça da Palmeira	96
2.19 Postal da alameda Passos Manuel em Matosinhos. (s/d.)	96
2.20. Primeiro plano jardim de Leça da Palmeira, seguindo-se rio Leça e Alameda Paços Manuel. (s/d.)	96

2.21 Detalhe do <i>Desenho n.º 1 do “Projecto dos Engenheiros A. Loureiro e Santos Viegas – variante n.º 2”</i> 1907	99
2.22 Detalhe da Planta de 1927 com as primeiras estruturas e ramal de ligação a Leixões	101
2.23 Detalhe da Planta de Reformulação da Avenida Vitória – proposta de 1936	101
2.24 Imagem do Parque Basílio Teles mostrando jardim e avenida recentemente construída (s/d.)	101
2.25 Imagem do Parque Basílio Teles mostrando arborização desenvolvida (s/d.)	101
2.26 Detalhe de planta da Vila de Matosinhos. Década de 60. Pode-se observar o desenho ortogonal das áreas de expansão urbana de Matosinhos e Leça da Palmeira e as linhas ferroviárias de Leixões ou de Cintura do Porto e Ramal de Matosinhos ou Ramal de Leixões	103
2.27 Planta de Fernando Távora. Estabelecimento de Ligações entre a EN 107, Leça da Palmeira e Matosinhos e acertos com a Quinta da Conceição e Quinta de Santiago de 1958 e Planta da Quinta da Conceição de 1955 com a identificação das áreas necessárias para a ampliação do porto de Leixões e terrenos necessários para a urbanização da área envolvente	104
2.28 Avenida Afonso D. Henriques com arborização no separador central (s/d.)	105
2.29 Detalhe do plano “Vila de Matosinhos com a canalização para o abastecimento de água mostrando a “sala de visitas” e largo do Castelo (1896)	108
2.30 Projeto realizado pela Câmara Municipal de Matosinhos para jardim no Largo do Castelo. 1930	108
2.31 Projeto realizado pela Câmara Municipal de Matosinhos para o Jardim de Leça da Palmeira - Jardim Domingues de Oliveira. 1930	108
2.32 Edifício da antiga Câmara Municipal da Maia com arborização na envolvente. Início do Séc. XX. Fotografia do Arquivo da Junta de Freguesia da Maia publicada em Maia, 2001 p. 11	112
2.33 Cartografia dos anos 40 do centro da Maia mostrando a praça do Município a nascente e o Jardim e alameda da República a poente	113
2.34 Praça do Município na década de 80 do séc. XX. Fotografia do Arquivo da Junta de Freguesia da Maia publicada em Maia, 2001 p. 42 e jardim e alameda da República na década de 70. Fotografia do arquivo do Jornal da Maia publicada em Maia, 2001 p. 14	113
2.35 Edifício da Câmara Municipal da Maia da década de 80. Ampliação da Câmara Municipal da Maia – novo edifício em construção. Praça do Município com áreas ajardinadas. Fotografia publicada na revista Maia Municipal, n.º 0 (jun. 1994) p. 30	113
2.36 Inauguração da primeira carreira regular de autocarro dos STCP para a Vila da Maia em 1958. Fotografia de Fernando Maia publicada em Maia, 2001 p. 18	115
2.37 Jardim localizado junto ao edifício da Câmara Municipal de Gondomar. Décadas de 40 e 60 do século XX. Fotos Guimarães (s/d.)	119
2.38 Detalhe de Carta com aglomerado urbano de Gondomar e jardim localizado lateralmente ao edifício da Câmara Municipal. Década de 80	119
2.39 Imagens do Monte Castro (s/d.). Esplanada, caminhos de acessos à mata e gruta inserida entre acesso e capela	120
2.40 Arborização na Rua Sá da Bandeira e na praça da Batalha (2014)	126

2.41 Passeio Atlântico com arborização a acompanhar passeio nascente; Ligação da Marginal marítima com a frente do Parque da Cidade (2013)	127
2.42 Marginal fluvial do Douro em Gondomar (2014)	128
2.43 Metro do Porto no centro da Maia em situação de grande proximidade a espaços arborizados (2014)	129
3.1 Espaços urbanos arborizados com elevadas taxas de mortalidade: Matosinhos - avenida Calouste Gulbenkian e avenida Fabril do Norte junto da estação da Senhora da Hora. (2012 e 2011)	136
3.2 Espaços urbanos arborizados com baixas taxas de mortalidade: Matosinhos – Avenida Fabril do Norte junto da rua de Santa Joana e Maia - avenida do Aeroporto. (2013)	136
3.3 Valores sensoriais estéticos ligados à presença da árvore em espaço urbano: florações de árvores na linha de metro do Porto em Matosinhos em abril de 2013	163
3.4 Espaços verdes públicos associados ao metro do Porto em Gondomar e Matosinhos. Espaços promotores do exercício físico. Maio de 2013	175
3.5 Árvores situadas ao longo do metro do Porto em Matosinhos e Gondomar sujeitas a podas. Podas de manutenção pouco cuidadas (2009 e 2011)	210
3.6 Podas tardias provocando cicatrizações de grandes dimensões (2009); Feridas que foram deficientemente cicatrizadas (2009); Feridas provocadas por enxertos e podas deficientemente realizados (2009); Feridas que não chegam a ser cicatrizadas sendo permanentemente abertas (2012)	218
3.7 Feridas provocadas por tutoragens mal aplicadas (2009)	218
3.8 Feridas no colo provocadas por operações de manutenção. Liquidâmbar (2009); Casuarina (2009); Faia (2009); Magnólia (2009)	228
4.1: Construção do túnel do Metro de Londres em 1862 (método <i>cut & cover</i>)	228
4.2 Mapa do metro de Estrasburgo e metro de superfície em Estrasburgo	231
4.3 Mapa do metro de Bordéus e metro de superfície em Bordéus	232
4.4 Variação da percentagem da população residente nos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar entre 1900-1950; 1950 e 2001; 2001 e 2011	242
4.5 Evolução da densidade populacional nas freguesias de Matosinhos, Maia e Gondomar entre 1900 e 2011	243
4.6 População residente nos concelhos de Gondomar, Matosinhos e Maia em 1900, 1950, 2001 e 2011	246
4.7 Distribuição da população por setor de atividade nos concelhos de Gondomar, Matosinhos e Maia em 1950, 2001 e 2011.	247
4.8 Meio de Transporte mais utilizado nos movimentos pendulares (Nº) por local de residência à data dos Censos de 2001 e 2011 para os concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar	252
4.9 Espaços associados ao metro do Porto que permitem a deslocação de indivíduos e veículos em condição de conforto, segurança e diversidade de experiências	257
4.10 Principais motivos das deslocações da população idosa. Adaptado de Teles, 2005	258

4.11 Linhas e Estações do metro em estudo (vermelho) nos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar. Limites administrativos dos concelhos (preto)	264
4.12 Linha de metro de Matosinhos (marcada a vermelho) em espaço urbano consolidado e fragmentado	265
4.13 Linha de metro da Maia (marcada a vermelho) em espaço urbano fragmentado	269
4.14 Linha de Metro de Gondomar (marcada a vermelho) em espaço urbano fragmentado	271
4.15 Sub-tipologias de espaços públicos nas linhas de metro de Matosinhos, Maia e Gondomar	282
5.1 Metodologia: Fase 2	284
5.2 Troços de levantamento - Mat 1 a Mat 2	289
5.3 Troços de levantamento - Mat 3 a Mat 5	290
5.4 Troços de levantamento - Maia 1	291
5.5 1ª avaliação. Indicador da Capacidade de Instalação e Crescimento das Árvores em espaço urbano (ICICA)	295
5.6 Acréscimos médios anuais de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido)	296
5.7. Metodologia da 2ª avaliação. Indicador de Desempenho das Árvores	310
5.8 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar, híbrido) em função da situação de plantação	314
5.9 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da situação – caldeira, terreno	316
5.10 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da situação – terreno, trincheira	318
5.11 Acréscimo médio anual de pap e altura em solos compactados e não compactados	322
5.12 Acréscimo médio anual de pap e altura em solos compactados e não compactados para as situações de plantação de caldeira, terreno e trincheira	324
5.13 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da compactação do solo	325
5.14 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da orientação: plano, norte, este, sul e oeste	329
5.15 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da orientação: norte, sul e plana	331
5.16 Variação média anual de pap e altura em função da rega	334
5.17 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da água	335
5.18 Distribuição das árvores amostradas segundo a classificação de vitalidade.	338
5.19 Classificação da Vitalidade por espécie (cultivar e híbrido) e percentagem por espécie (cultivar e híbrido) de árvores plantadas ao longo das Linhas de metro de Matosinhos e Maia	339
5.20 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da forma natural	343
5.21 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função da poda	346

5.22 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função das feridas no tronco	350
5.23 Variação média anual em função das feridas no colo	352
5.24 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função das feridas no colo	353
5.25 Variação média anual de pap e altura por espécie (cultivar e híbrido) em função de vandalismo	358
5.26 Localização dos Troços e Estações de Mat1 a Mat2	367
5.27 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 1 – 1.1	368
5.28 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 1 – 1.2	369
5.29 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 2 – 1.1	370
5.30 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 2 – 1.2	371
5.31 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 2 – 1.3	372
5.32 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 2 – 1.4	373
5.33 Localização dos Troços e Estações de Mat3 a Mat5.	375
5.34 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 3/Mat 4 – 1.1	376
5.35 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 3/Mat 4 – 1.2	377
5.36 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 5 – 1.1	378
5.37 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Mat 5 – 1.2	379
5.38 Localização dos Troços e Estações de Maia 1	381
5.39 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Maia 1 – 1.1	382
5.40 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Maia 1 – 1.2	383
5.41 Localização dos Troços e Estações de Gond 1	385
5.42 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Gond 1 – 1.1	386
5.43 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Gond 1 – 1.2	387

5.44 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Gond 1 – 1.3	388
5.45 Indicadores de Desempenho dos Corredores Verdes nas Linhas de Metro do Porto – Gond 1 – 1.4	389
5.46 Desempenho das linhas de metro do Porto: Maia, Matosinhos e Gondomar.	390
5.47 Localização dos cortes de Mat1 a Mat2	392
5.48 Mat1 a Mat2 - Corte A-A.	393
5.49 Mat1 a Mat2 - Corte B-B.	394
5.50 Mat1 a Mat2 - Corte C-C.	395
5.51 Mat1 a Mat2 - Corte D-D.	396
5.52 Mat1 a Mat2 - Corte E-E.	397
5.53 Mat1 a Mat2 - Corte F-F.	398
5.54 Localização dos cortes em Gond1	399
5.55 Gond1 - Corte A-A.	400
5.56 Gond1 - Corte B-B.	401
5.57 Gond1 - Corte C-C.	402
5.58 Gond1 - Corte D-D.	403
5.59 Localização dos cortes em Maia 1	404
5.60 Maia 1 - Corte A-A.	405
5.61 Maia 1 - Corte B-B.	406
5.62 Maia 1 - Corte C-C.	407

ÍNDICE DE QUADROS

1.1 Estrutura do trabalho	14
2.1 Exemplos de definições de arborização e florestas urbanas fornecidas pelos peritos nacionais apresentados no âmbito estudo COST Action E12 “Urban Forests and Trees”	65
3.1 Taxas de sobrevivência acumuladas para a arborização	135
3.2 Taxas de mortalidade de árvores jovens em espaços urbanos com diferentes tipos de uso	138
3.3 Taxas de mortalidade média anual para árvores plantadas em cidades dos Estados Unidos	141
3.4 Benefícios proporcionados pela arborização urbana	145
3.5 Percentagem de água de precipitação intercetada em povoamentos florestais	157
3.6 Relação entre densidade de construção e características hidrológicas em áreas residenciais de baixa densidade de Munique	158
3.7 Lesões provocadas nas árvores pelos poluentes presentes na atmosfera	188
4.1. Dados relativos aos Metros de Porto, Bordéus e Estrasburgo no ano de 2013	232
4.2 Síntese das ações realizadas pela Metro do Porto S.A. até 2011 e propostas até 2025	235
4.3 Infraestruturas existentes e em construção na AMP no início da década de 90 do séc. XX	240
4.4 Deslocações pendulares na AMP em 2001	250
4.5 Indicadores de procura e oferta do Metro do Porto e de Desempenho Operacional apresentados no Relatório de Contas do Metro 2011	251
4.6 Perfil do Utilizador do Metro por género e idade em 2010. Valores obtidos nos estudos da Domp, S.A. 2010	255
4.7 Percentagem de utentes nos concelhos abrangidos pela rede de Metro do Porto em 2010 e 2012	256
4.8 Previsão do crescimento da população idosa em Portugal e região Norte	257
4.9 Síntese dos parâmetros de seleção para mobilidade individual/coletiva em espaço público	260
4.10 Síntese dos aspetos considerados nos projetos de Integração Paisagística realizados no concelho de Matosinhos no âmbito da intervenção da Metro do Porto S.A.	267
4.11 Síntese dos aspetos considerados nos projetos de Integração Paisagística realizados no concelho da Maia no âmbito da intervenção da Metro do Porto S.A.	270
4.12 Síntese dos aspetos considerados nos Projetos de Integração Paisagística realizados no concelho de Gondomar no âmbito da intervenção da Metro do Porto S.A.	274
4.13 Resumo das intervenções realizadas nas Linhas de Matosinhos, Maia e Gondomar: projetos, empreitadas e custos	275
4.14 Quantidade de árvores e de áreas verdes previstas em projeto de Integração Paisagística do metro nos concelhos de Matosinhos, Maia e Gondomar	277
4.15 Quantidade de árvores plantadas e de áreas verdes instaladas no metro do Porto até 2012	277

4.16 Tipologias e sub-tipologias de espaços públicos do metro do Porto nas Linhas de Matosinhos, Maia e Gondomar	279
5.1 Caracterização da amostragem	288
5.2 Lista de espécies (cultivar, híbrido) e características da amostragem	292
5.3 Matriz entre os acréscimos médios anuais de pap e altura	299
5.4 Acréscimos médios anuais de pap e altura e classificação integrada dos acréscimos médios anuais de pap e altura	299
5.5 Mortalidade das árvores nas linhas de Matosinhos e Maia	301
5.6 Mortalidade das árvores nas linhas de Matosinhos e Maia por situação de plantação	303
5.7 Avaliação por espécie (cultivar, híbrido) e classificação da mortalidade e da vitalidade (stress e viabilidade) (Matosinhos e Maia)	306
5.8 Atribuição de um número às classificações dos parâmetros	307
5.9 Intervalos estabelecidos para reconversão em classificação do ICICA	309
5.10.Cálculo dos Indicadores da Capacidade de Instalação e Crescimento das Árvores – ICICA (Maia e Matosinhos)	309
5.11 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura função da situação da situação de plantação	313
5.12 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da situação de plantação: caldeira e terreno	315
5.13 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da situação de plantação: trincheira e terreno	317
5.14 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função da situação de plantação	319
5.15 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da compactação do solo	322
5.16 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da compactação do solo e situação	323
5.17 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função da compactação	326
5.18 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da orientação	328
5.19 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura função das orientações: norte, sul e plano	330
5.20 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie, cultivar, híbrido em função da orientação	332
5.21 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da rega	334
5.22 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função da água e compactação	336
5.23 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da forma da copa	342
5.24 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da realização de podas	345

5.25 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie (cultivar, híbrido) em função da forma da copa e realização de podas	347
5.26 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da presença de feridas nos troncos	349
5.27 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função da presença de feridas no colo	351
5.28 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie, (cultivar, híbrido) em função da presença de feridas no tronco e no colo	354
5.29 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura em função do vandalismo	356
5.30 Classificação dos acréscimos médios anuais da espécie, forma, cultivar, híbrido em função do vandalismo	359
5.31 Indicadores de Desempenho das Árvores em Espaço Urbano (IDA)	362

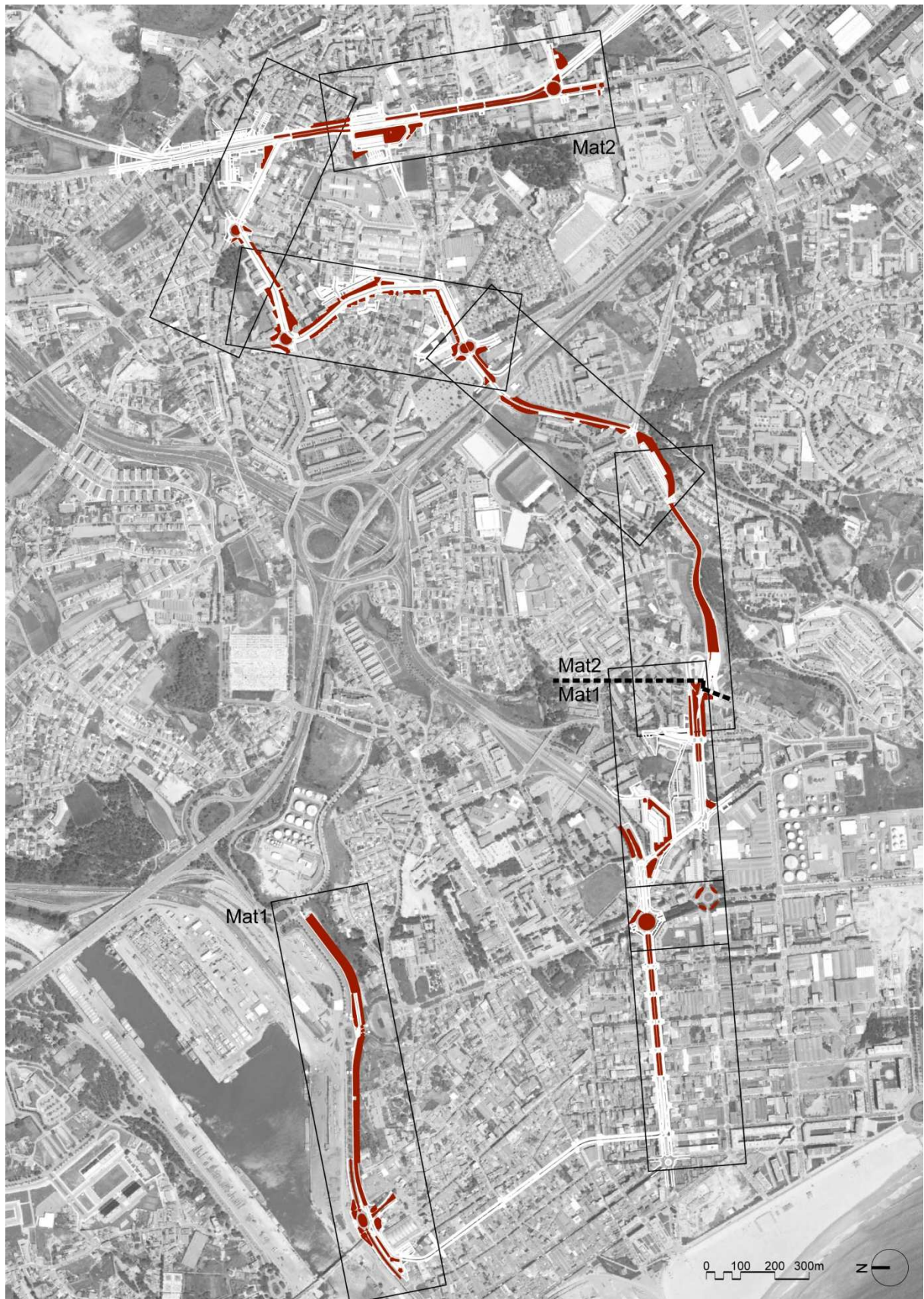
ANEXOS

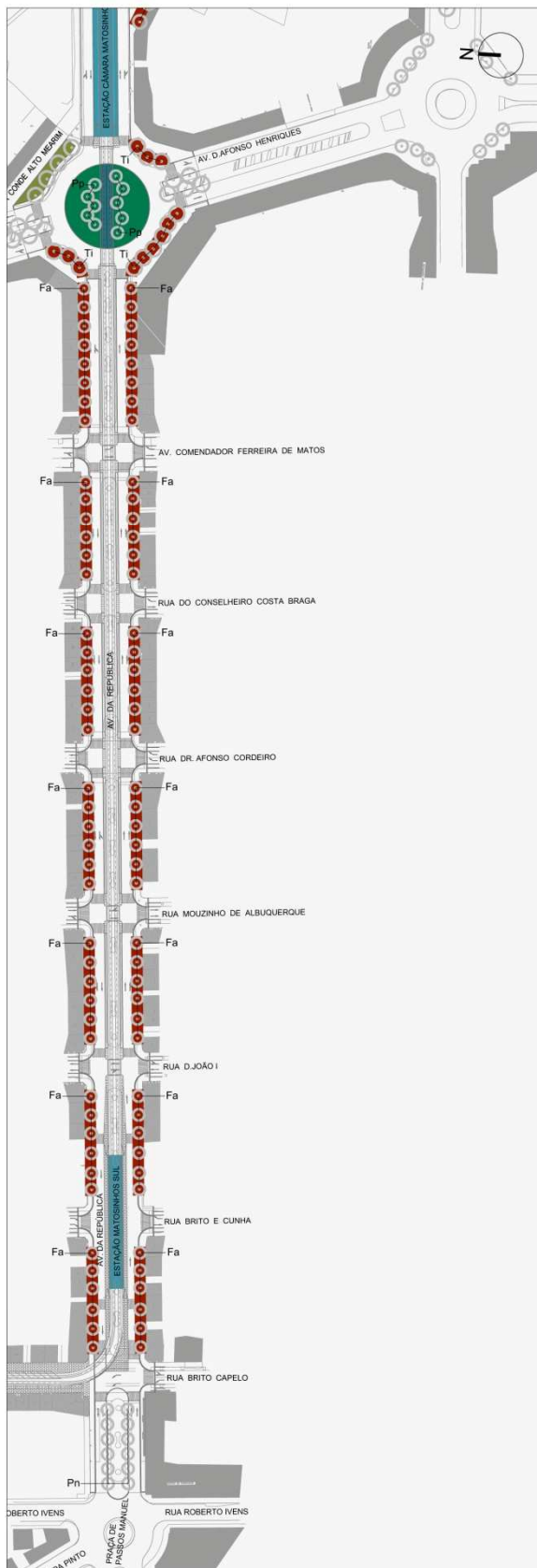
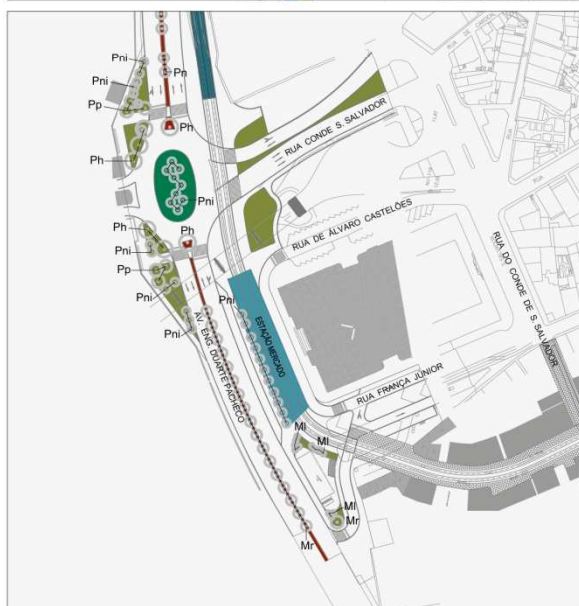
Anexo A

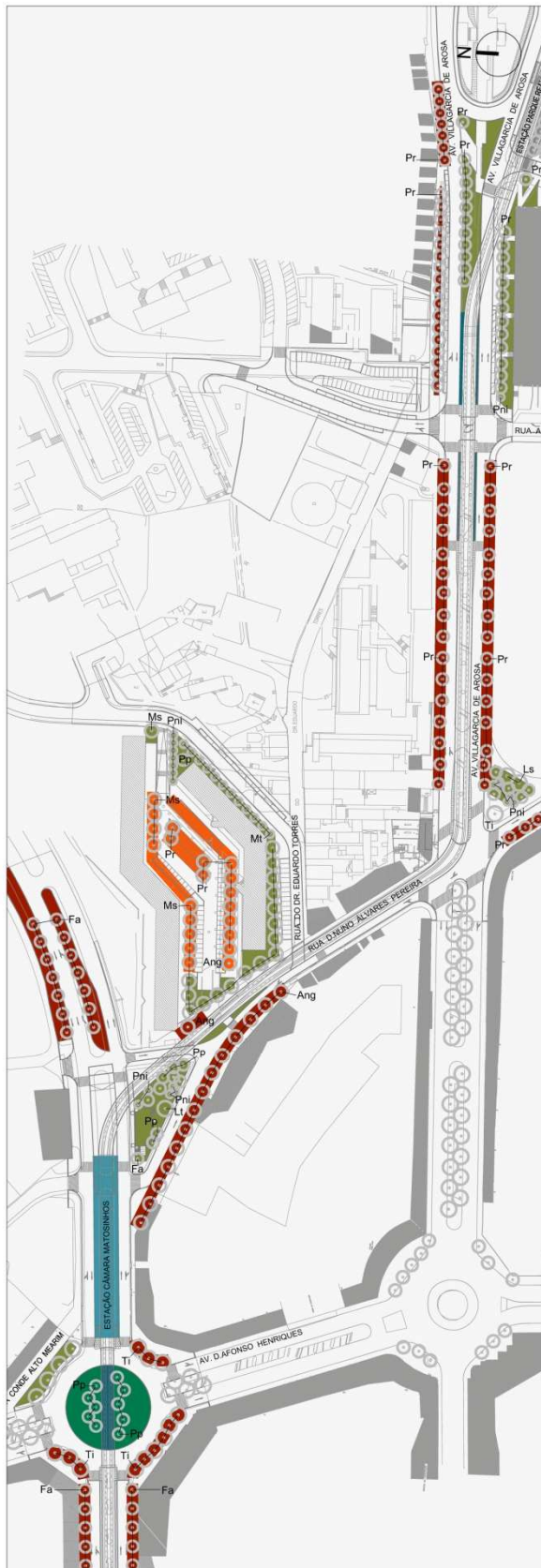
Tipologias de Espaço Público e Plantação de Árvores nas linhas do metro do Porto

CORREDOR VERDE DA LINHA DE METRO DO PORTO: MATOSINHOS

Localização dos Troços e Estações de mat1 a mat2







projeto de integração paisagística

- Ang *Acer negundo* "Flamingo"; h= 4,5-4,0m; calibre 14-16
 Fa *Fraxinus angustifolia*; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18
 Ls *Liquidambar styraciflua*; h= 4,5-4,0m; calibre 14-16
 Lt *Liriodendron tulipifera*; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18
 Ml *Melaleuca linariifolia*; h= 2,0-1,5m; calibre 10-12
 Mr *Metrosiderus robusta*; h= 2,0-1,5m; calibre 8-10
 Ms *Magnolia x soulangeana*; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18;
 Mt *Magnolia stellata*; h= 2,00m; calibre 8-10;
 Pn *Populus nigra*; h= 4,5-4,0m; calibre 14-16
 Pni *Populus nigra* "Italica"; h= 3,5-3,0m; calibre 12-14
 Ph *Platanus x hispanica*; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18
 Pp *Pinus pinea*; h= 2,5-2,0m; calibre 18-20
 Pr *Prunus avium* "Plena"; h= 3,5-3,0m; calibre 14-16
 Ti *Tilia cordata*; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18

tipologia de espaço público

- Jardins e Parques
- Largos
- Espaços verdes de enquadramento
- Vias do Metro
- Estações de Metro
- Ruas
- Rotundas
- Estacionamento

TIPOLOGIAS DE ESPAÇO PÚBLICO E PLANTAÇÃO DE ÁRVORES NAS LINHAS DE METRO DO PORTO

mat 1

0 30 60 90m

T6 - Cruz de Pau - Sr. de Matosinhos





projeto de integração paisagística

- Ap *Acer pseudoplatanus*; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18;
- Ch *Chamaerops humilis*; h= 1,00m de tronco;
- Cr *Crataegus monogyna*; h= 1,5m; com ramos desde a base;
- Ls *Liquidambar styraciflua*; h= 4,0-3,5m; calibre 14-16;
- Lt *Liriodendron tulipifera*; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18;
- Ma *Melia azedarach*; h= 4,0-3,5m; calibre 16-18;
- Ms *Magnolia x soulangeana*; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18;
- Pc *Phoenix canariensis*; h= 1,2m (tronco);
- Pni *Populus nigra "Italica"*; h= 3,5-3,0m; calibre 12-14;
- Ph *Platanus x hispanica*; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18;
- Pp *Pinus pinea*; h= 2,5-2,0m; calibre 18-20;
- Pr *Prunus avium "Plena"*; h= 3,5-3,0m; calibre 14-16;
- Qr *Quercus robur*; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18;
- Qs *Quercus suber*; h= 3,5-3,0m; calibre 16-18;
- Rp *Robinea pseudoacacia "Pyramidalis"*; h= 4,0-3,5m; calibre 10-12;
- Sa *Sorbus aucuparia*; h= 4,5-4,0m; calibre 14-16;
- Up *Ulmus procera*; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18.

tipologia de espaço público

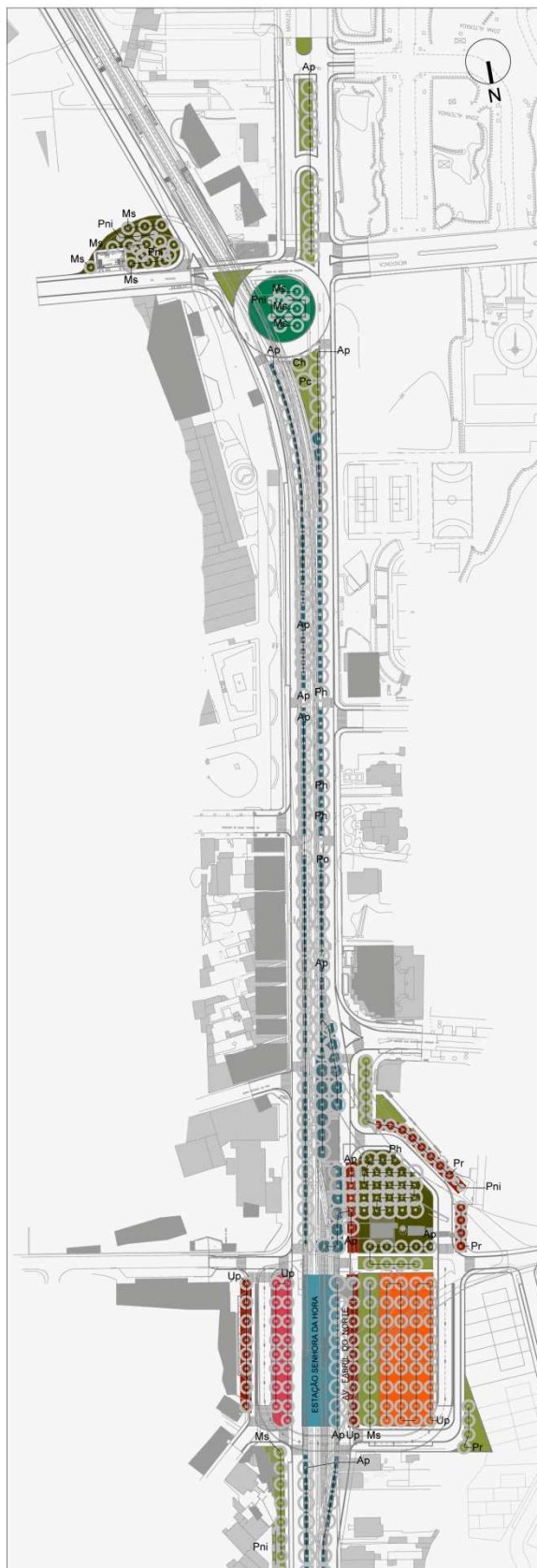
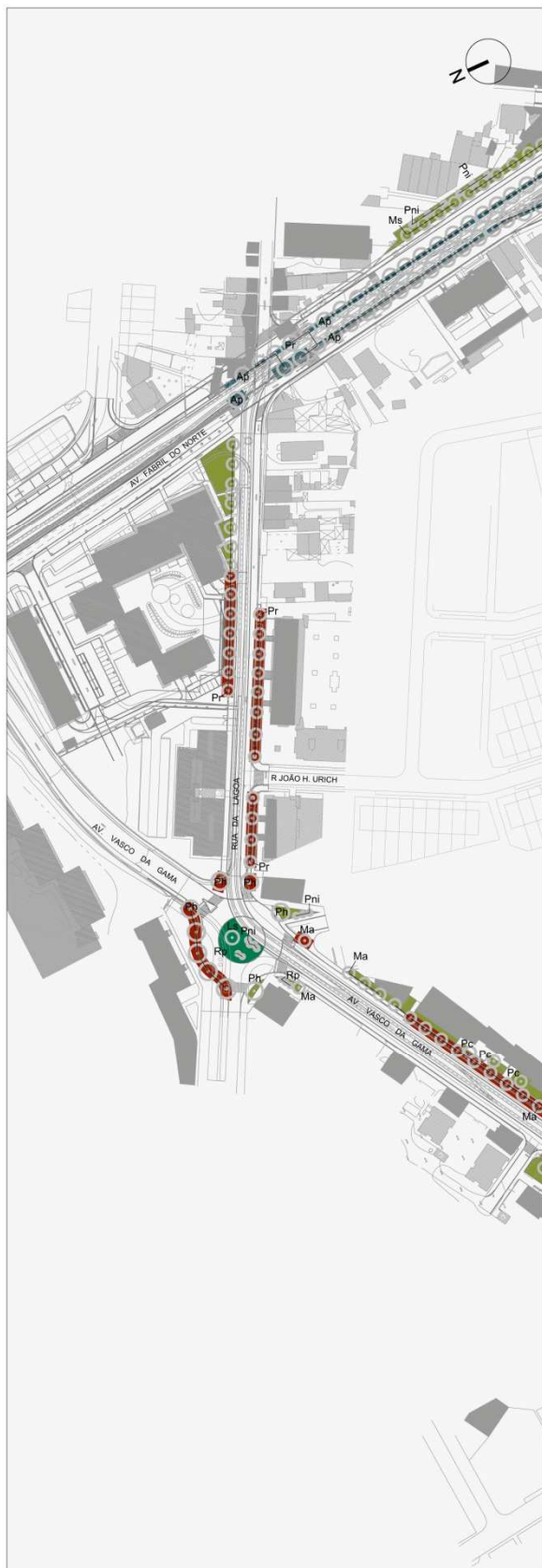
- Jardins e Parques
- Largos
- Espaços verdes de enquadramento
- Vias do Metro
- Estações de Metro
- Ruas
- Rotundas
- Estacionamento

TIPOLOGIAS DE ESPAÇO PÚBLICO E PLANTAÇÃO DE ÁRVORES NAS LINHAS DE METRO DO PORTO

mat 2

0 30 60 90m

T5-T7 - Rua da Lagoa - Cruz de Pau
Av. Fabril do Norte



projeto de integração paisagística

Ap	<i>Acer pseudoplatanus</i> ; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18;
Ch	<i>Chamaerops humilis</i> ; h= 1,00m de tronco;
Cr	<i>Crataegus monogyna</i> ; h= 1,5m; com ramos desde a base;
Ls	<i>Liquidambar styraciflua</i> ; h= 4,0-3,5m; calibre 14-16;
Lt	<i>Liriodendron tulipifera</i> ; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18;
Ma	<i>Melia azedarach</i> ; h= 4,0-3,5m; calibre 16-18;
Ms	<i>Magnolia x soulangeana</i> ; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18;
Pc	<i>Phoenix canariensis</i> ; h= 1,2m (tronco);
Pni	<i>Populus nigra</i> "Italica"; h= 3,5-3,0m; calibre 12-14;
Ph	<i>Platanus x hispanica</i> ; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18;
Pp	<i>Pinus pinea</i> ; h= 2,5-2,0m; calibre 18-20;
Pr	<i>Prunus avium</i> "Plena"; h= 3,5-3,0m; calibre 14-16;
Qr	<i>Quercus robur</i> ; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18;
Qs	<i>Quercus suber</i> ; h= 3,5-3,0m; calibre 16-18;
Rp	<i>Robinea pseudoacacia</i> "Pyramidalis"; h= 4,0-3,5m; calibre 10-12;
Sa	<i>Sorbus aucuparia</i> ; h= 4,5-4,0m; calibre 14-16;
Up	<i>Ulmus procera</i> ; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18.

tipologia de espaço público

	Jardins e Parques
	Largos
	Espaços verdes de enquadramento
	Vias do Metro
	Estações de Metro
	Ruas
	Rotundas
	Estacionamento

TIPOLOGIAS DE ESPAÇO PÚBLICO E PLANTAÇÃO DE ÁRVORES NAS LINHAS DE METRO DO PORTO

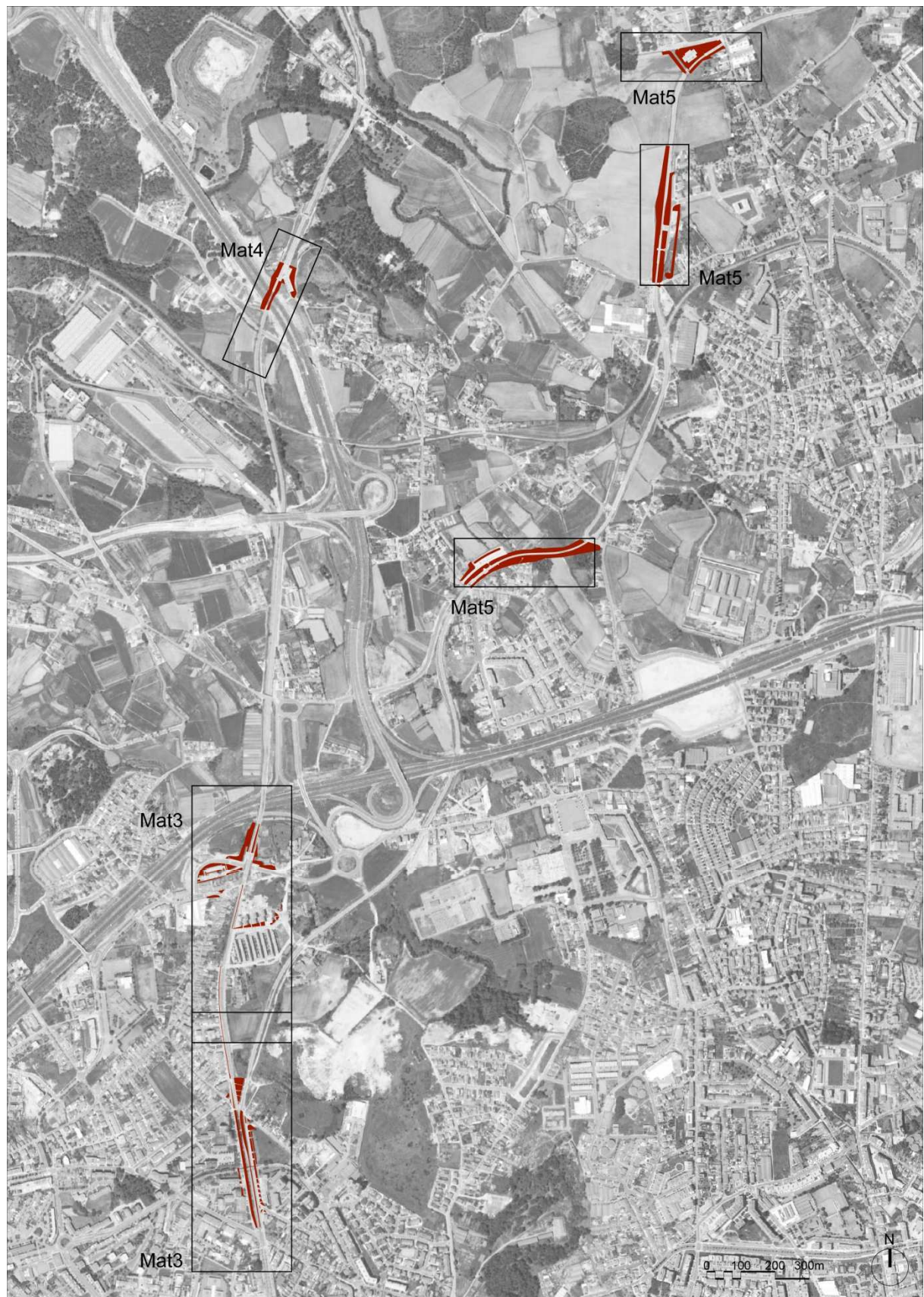
mat 2

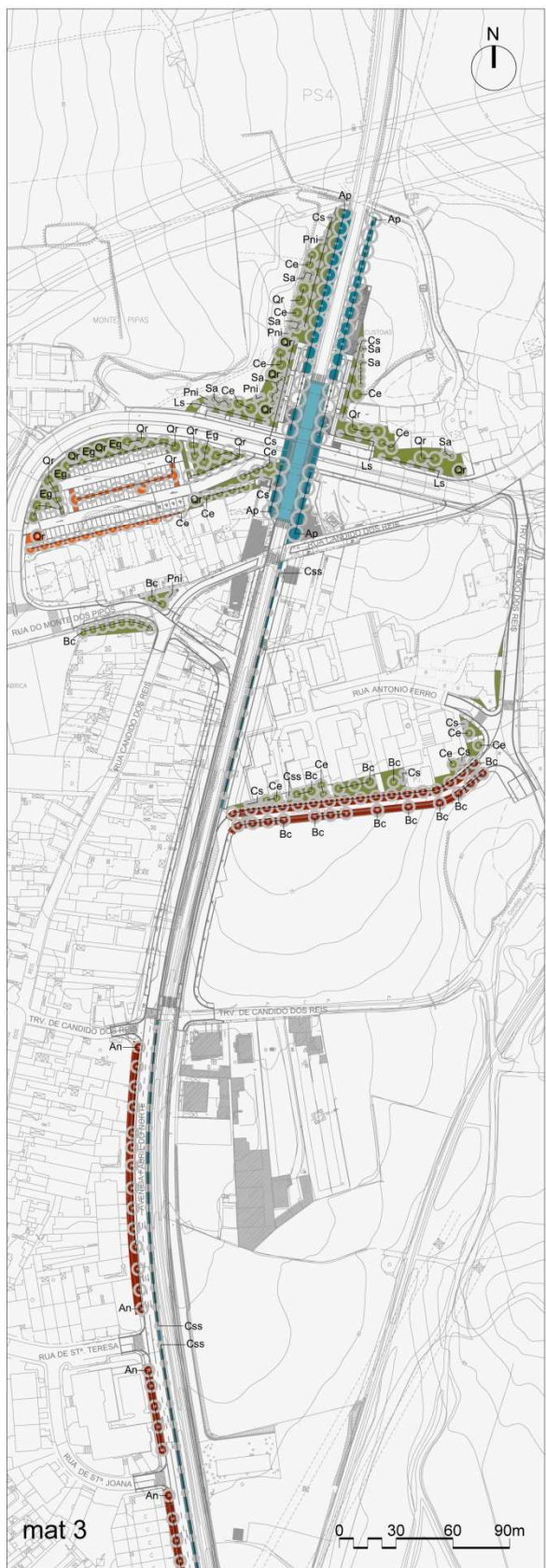
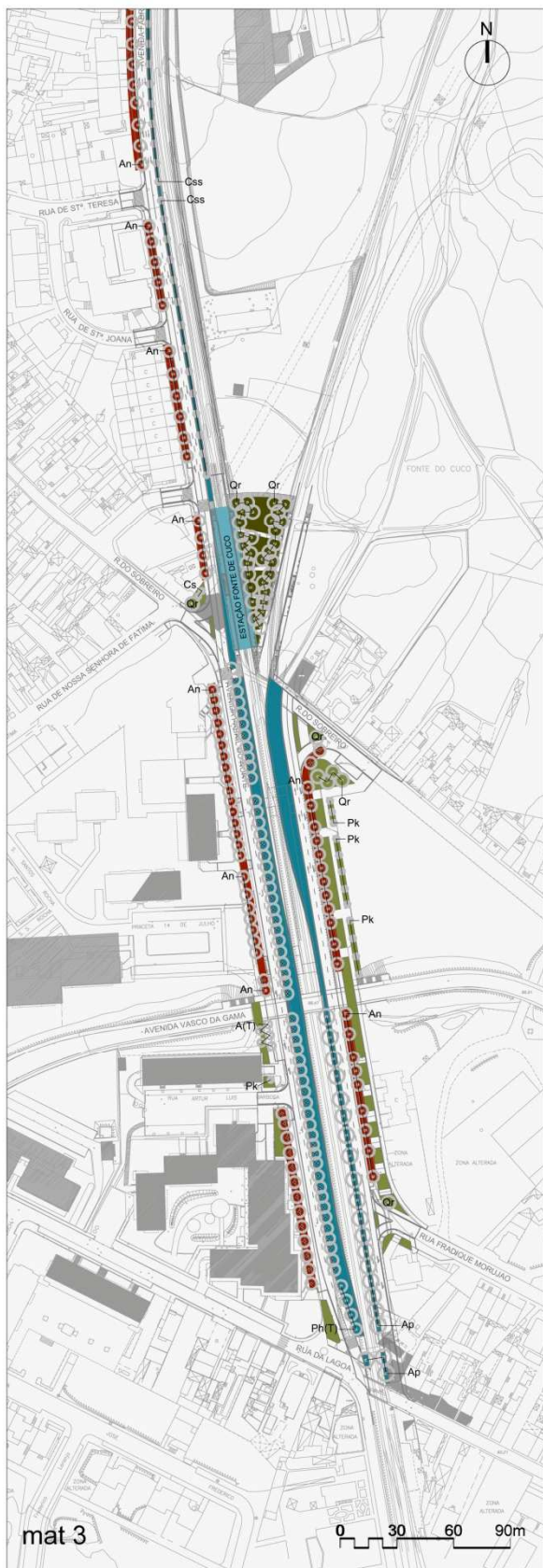
0 30 60 90m

T5-T7 - Rua da Lagoa - Cruz de Pau
Av. Fabril do Norte

CORREDOR VERDE DA LINHA DE METRO DO PORTO: MATOSINHOS

Localização dos Troços e Estações de mat3 a mat5







projeto de integração paisagística

mat 3 - rua da lagoa - custóias e estação de custóias

- A(T) *Acer sp.*; h= 4,5-5,0m; calibre 16-18;
 Ap *Acer pseudoplatanus*; h= 4,5-5,0m; calibre 16-18;
 An *Acer negundo*; h= 4,0-4,5m; calibre 14-16;
 Bc *Betula celtiberica*; h= 4,0-4,5m; calibre 14-16;
 Ce *Casuarina equisetifolia*; h= 4,0-4,5 m; calibre 16-18;
 Css *Cupressus sempervirens "Pyramidalis"*; h= 4,0-4,5m; calibre 14-16;
 Cs *Cupressus sempervirens sempervirens*; h= 4,5-5,0m; calibre 16-18;
 Eg *Eucalyptus globulus*; h= 4,5-5,0m; calibre 16-18;
 Ls *Liquidambar styraciflua*; h= 4,0-4,5m; calibre 16-18;
 Ph(T) *Populus sp.* (transplantadas);
 Pni *Populus nigra "Italica"*; h= 4,0-4,5m; calibre 14-16;
 Pk *Prunus serrulata "Kanzan"*; h= 2,0-2,5m; calibre 10-12;
 Qr *Quercus robur*; h= 4,5-5,0m; calibre 16-18;
 Sa *Sorbus aucuparia*; h= 4,5-4,0m; calibre 14-16.

mat 4 - estação de esposade

- Ap *Acer pseudoplatanus*; h= 5,0-4,5m; calibre 16-18;
 Css *Cupressus sempervirens sempervirens*; h= 4,5-4,0m; calibre 14-16;
 Fa *Fraxinus angustifolia*; h= 4,5-4,0m; calibre 14-16;
 Pni *Populus nigra "Italica"*; h= 5,0-4,5m; calibre 14-16;
 Pp *Pinus pinea*; h= 4,0-3,5m; calibre 16-18;
 Pr *Prunus avium "Plena"*; h= 4,5-4,0m; calibre 16-18;
 Qr *Quercus robur*; h= 5,0-4,5m; calibre 16-18;
 Sa *Sorbus aucuparia*; h= 4,5-4,0m; calibre 14-16.

tipologia de espaço público

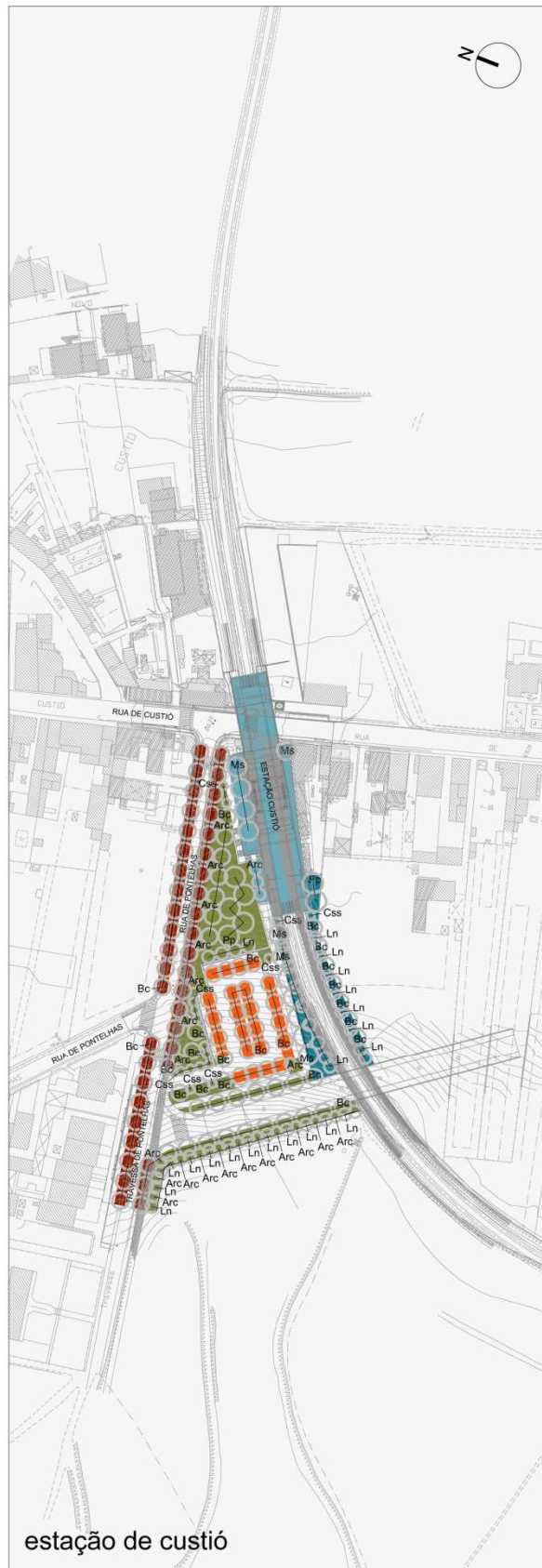
- Jardins e Parques
- Largos
- Espaços verdes de enquadramento
- Vias do Metro
- Estações de Metro
- Ruas
- Rotundas
- Estacionamento

TIPOLOGIAS DE ESPAÇO PÚBLICO E PLANTAÇÃO DE ÁRVORES NAS LINHAS DE METRO DO PORTO

mat 3 / mat 4

T7 - Rua da Lagoa - Custóias e Estação de Custóias
 T7 - Estação de Esposade





projeto de integração paisagística estação de pias

- Arc *Acer rubrum* "Columnare"; h= 4,5-4,0m, calibre 16-18;
- Css *Cupressus sempervirens sempervirens*; h= 3,5-3,0m, calibre 12-14;
- Ls *Liquidambar styraciflua*; h= 4,0-3,5m, calibre 16-18;
- Ln *Laurus nobilis*; h= 2,5m, calibre 12-14;
- Pni *Populus nigra* "Italica"; h= 3,5-3,0m, calibre 12-14;
- Pp *Pinus pinea*; h= 4,5-5,0m, calibre 20-25;
- Qr *Quercus robur*; h= 4,5-4,0m, calibre 16-18;
- Sa *Sorbus aucuparia*; h= 4,0-3,5m, calibre 14-16.

estação de araujo

- Cj *Camellia japonica*; h= 3,0-2,5m, calibre 12-14;
- Css *Cupressus sempervirens sempervirens*; h= 3,5-3,0m, calibre 12-14;
- Ln *Laurus nobilis*; h= 2,5m, calibre 12-14;
- Ms *Magnolia x soulangeana* "Alba Superba"; h= 4,5-4,0m, calibre 16-18;
- Oe *Olea europaea* var. *europaea*; h= 3,5m, calibre 25-30;
- Pni *Populus nigra* "Italica"; h= 3,5-3,0m, calibre 12-14;
- Pp *Pinus pinea*; h= 4,5-4,0m, calibre 20-25;
- Qr *Quercus robur*; h= 4,5-4,0m, calibre 16-18;
- Qs *Quercus suber*; h= 4,5-4,0m, calibre 20-22;
- Sa *Sorbus aucuparia*; h= 4,0-3,5m, calibre 14-12;
- Tc *Tilia cordata*; h= 4,5-4,0m, calibre 16-18.

estação de custió

- Arc *Acer rubrum* "Columnare"; h= 4,5-4,0m, calibre 16-18;
- Bc *Betula celtiberica*; h= 4,0-3,5m, calibre 16-18;
- Css *Cupressus sempervirens sempervirens*; h= 3,5-3,0m, calibre 12-14;
- Ln *Laurus nobilis*; h= 2,5m, calibre 12-14;
- Ms *Magnolia x soulangeana* "Alba Superba"; h= 4,5-4,0m, calibre 18-20;
- Pp *Pinus pinea*; h= 4,5-4,0m, calibre 20-25.

tipologia de espaço público

- Jardins e Parques
- Largos
- Espaços verdes de enquadramento
- Vias do Metro
- Estações de Metro
- Ruas
- Rotundas
- Estacionamento

TIPOLOGIAS DE ESPAÇO PÚBLICO E PLANTAÇÃO DE ÁRVORES NAS LINHAS DE METRO DO PORTO

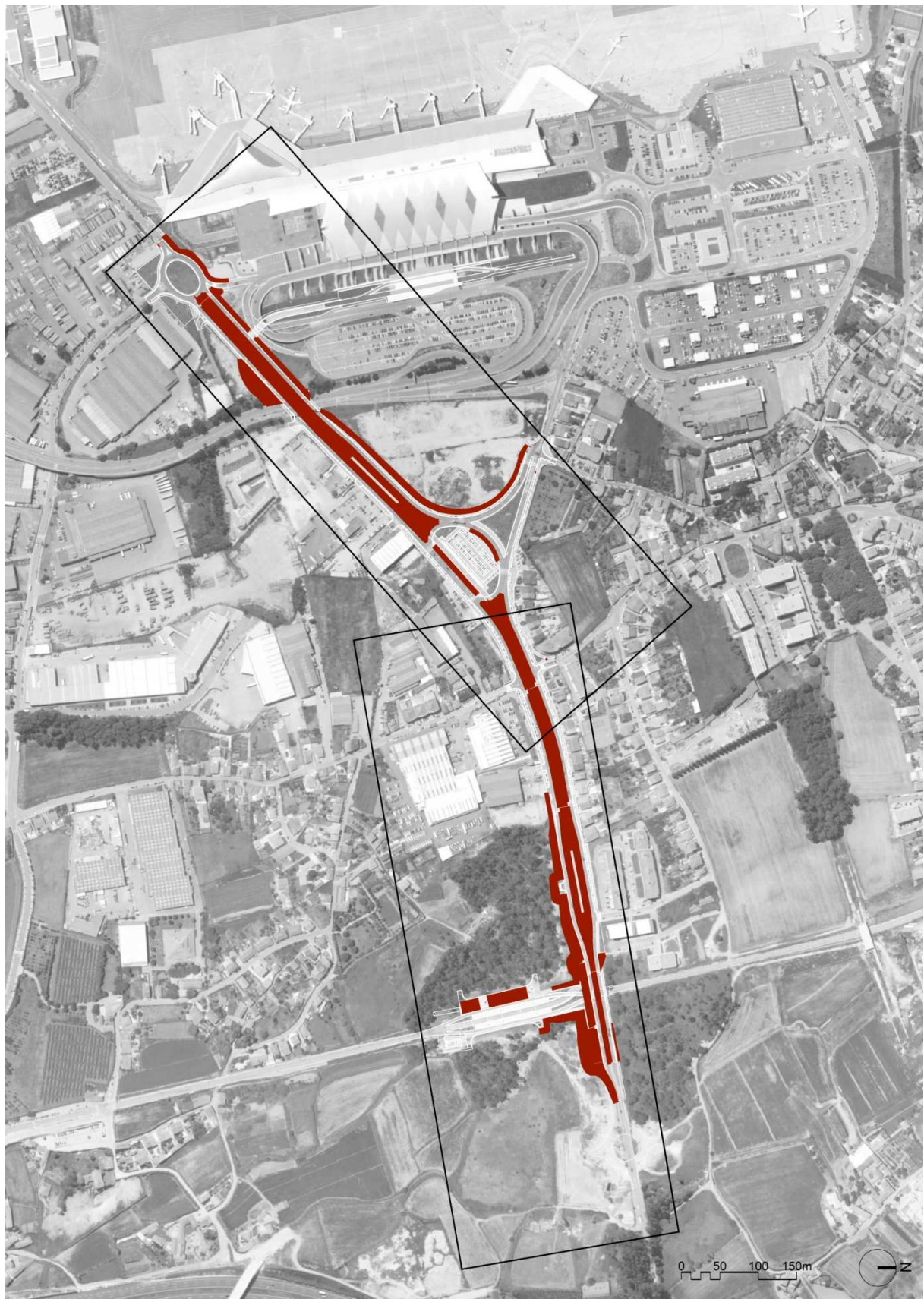
mat 5

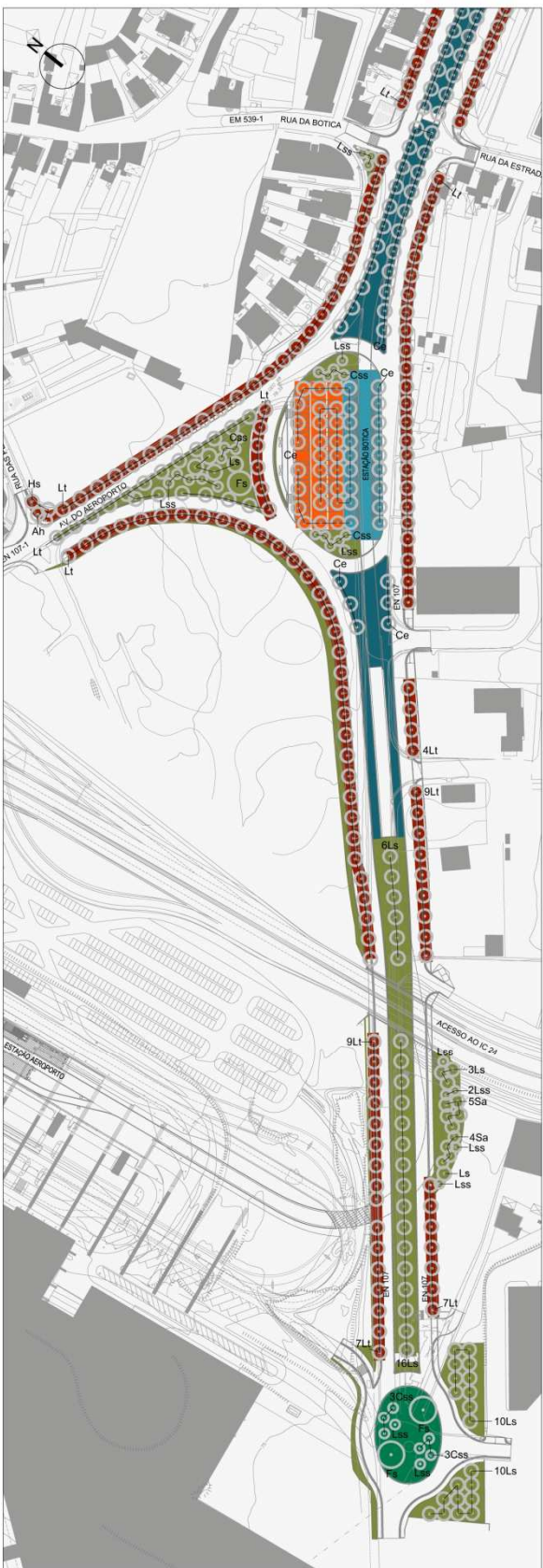
0 20 40 60m

T8 - Estação Pias / Estação Araújo / Estação Custió

CORREDOR VERDE DA LINHA DE METRO DO PORTO: MAIA

Localização dos Troços e Estações de maia¹





projeto de integração paisagística

Ce	<i>Casuarina equisetifolia</i> ; h=5,0-4,5m, calibre 16-18
Cf	<i>Cinnamomum camphora</i> ; h=5,0-4,5m, calibre 22-25
Css	<i>Cupressus sempervirens sempervirens</i> ; h=5,0-4,5m, calibre 16-18
Fs	<i>Fagus sylvatica</i> ; h=5,0-4,5m, calibre 16-18
Jm	<i>Jacaranda mimosifolia</i> ; h=5,0-4,5m, calibre 22-25
Ls	<i>Liquidambar styraciflua</i> ; h=5,0-4,5m, calibre 16-18
Lss	<i>Liquidambar styraciflua</i> "Lane Roberts"; h=5,0-4,5m, calibre 16-18
Lt	<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"; h=5,0-4,5m, calibre 16-18
QS(E)	<i>Quercus suber</i> (existente a manter);
Sa	<i>Sorbus aucuparia</i> ; h=4,5-4,0m, calibre 14-16

tipologia de espaço público

	Jardins e Parques
	Largos
	Espaços verdes de enquadramento
	Vias do Metro
	Estações de Metro
	Ruas
	Rotundas
	Estacionamento

TIPOLOGIAS DE ESPAÇO PÚBLICO E PLANTAÇÃO DE ÁRVORES NAS LINHAS DE METRO DO PORTO

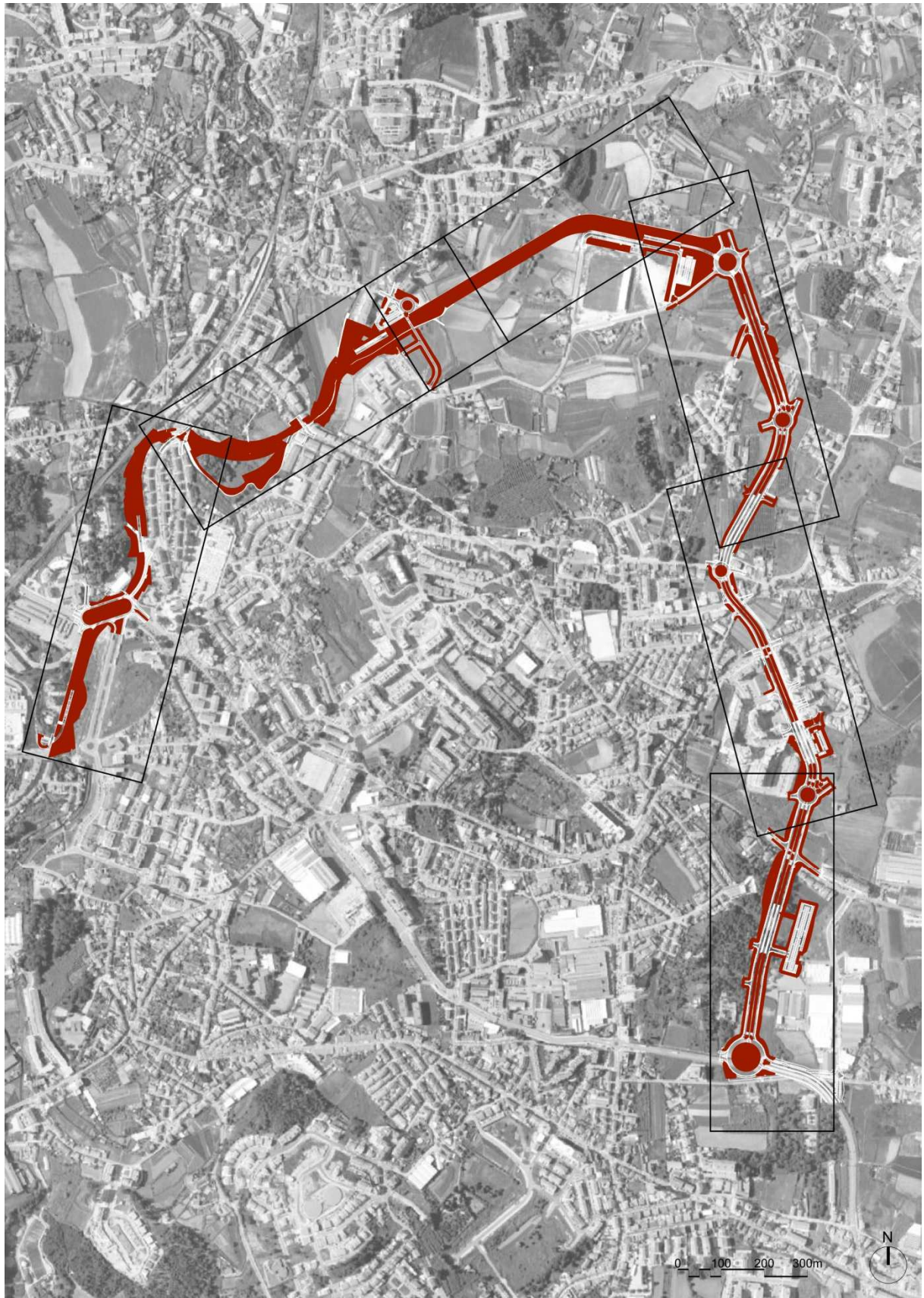
maia 1

0 30 60 90m

Ligação do Metro ao Aeroporto Francisco Sá Carneiro
ao Longo da EN-107

CORREDOR VERDE DA LINHA DE METRO DO PORTO: GONDOMAR

Localização dos Troços e Estações de gond1







projeto de integração paisagística

- An *Acer negundo*;
h= 4,0-4,5m; calibre 18-20 e com fuste direito a 1,6m;
- Ar *Acer rubrum*;
h= 5,5-6,0m; calibre 25-30 e com fuste direito a 1,8m;
- Ap *Acer pseudoplatanus*;
h= 5,0-5,5m; calibre 20-25 e com fuste direito a 1,8m;
- Ag *Alnus glutinosa*;
h= 3,0-3,5m; calibre 14-16 e sem fuste formado;
- Cb *Carpinus betulus* "Frans Fontaine";
h= 4,0-4,5m; calibre 20-25 e sem fuste formado;
- Css *Cupressus sempervirens sempervirens*;
h= 5,5-5,0m; calibre 20-25 e sem fuste formado;
- Fa *Fraxinus angustifolia*;
h= 4,0-4,5m; calibre 18-20 e com fuste direito a 1,6m;
- Ls *Liquidambar styraciflua*;
h= 5,5-6,0m; calibre 25-30 e com fuste direito a 1,8m;
- Lt *Liriodendron tulipifera*;
h= 5,5-6,0m; calibre 25-30 e com fuste direito a 1,8m;
- Pn *Populus alba*;
h= 3,0-3,5m; calibre 14-16 e sem fuste formado;
- Pni *Populus nigra* "Italica";
h= 3,0-3,5m; calibre 14-16 e sem fuste formado;
- Ph *Platanus x hispanica*;
h= 5,0-5,5m; calibre 25-30 e com fuste direito a 1,8m;
- Pp *Pinus pinea*;
h= 5,0-6,0m; calibre 30-35 e com fuste direito a 1,8m;
- Qr *Quercus robur*;
h= 5,5-6,0m; calibre 25-30 e com fuste direito a 1,8m;
- Qrf *Quercus robur* "Fastigiata";
h= 4,0-4,5m; calibre 20-25;
- Qs *Quercus suber*;
calibre 10-50 e sem fuste formado;
- Tc *Tilia cordata*;
h= 5,0-5,5m; calibre 25-30 com fuste direito a 1,8m.

tipologia de espaço público

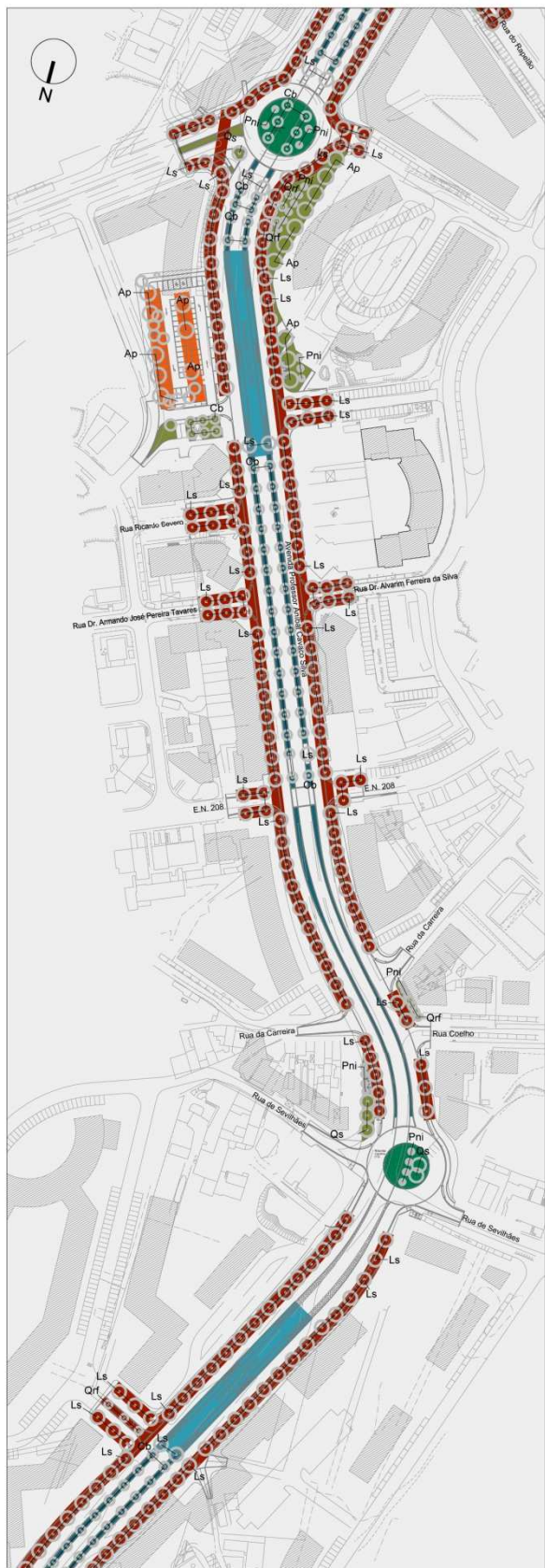
- Jardins e Parques
- Largos
- Espaços verdes de enquadramento
- Vias do Metro
- Estações de Metro
- Ruas
- Rotundas
- Estacionamento

TIPOLOGIAS DE ESPAÇO PÚBLICO E PLANTAÇÃO DE ÁRVORES NAS LINHAS DE METRO DO PORTO

gond 1

0 30 60 90m

Troço Parque Nascente Cabanas





projeto de integração paisagística

- An *Acer negundo*;
h= 4,0-4,5m; calibre 18-20 e com fuste direito a 1,6m;
- Ar *Acer rubrum*;
h= 5,5-6,0m; calibre 25-30 e com fuste direito a 1,8m;
- Ap *Acer pseudoplatanus*;
h= 5,0-5,5m; calibre 20-25 e com fuste direito a 1,8m;
- Ag *Alnus glutinosa*;
h= 3,0-3,5m; calibre 14-16 e sem fuste formado;
- Cb *Carpinus betulus* "Frans Fontaine";
h= 4,0-4,5m; calibre 20-25 e sem fuste formado;
- Csb *Cupressus sempervirens sempervirens*;
h= 5,5-5,0m; calibre 20-25 e sem fuste formado;
- Fa *Fraxinus angustifolia*;
h= 4,0-4,5m; calibre 18-20 e com fuste direito a 1,6m;
- Ls *Liquidambar styraciflua*;
h= 5,5-6,0m; calibre 25-30 e com fuste direito a 1,8m;
- Lt *Liriodendron tulipifera*;
h= 5,5-6,0m; calibre 25-30 e com fuste direito a 1,8m;
- Pn *Populus alba*;
h= 3,0-3,5m; calibre 14-16 e sem fuste formado;
- Pni *Populus nigra* "Italica";
h= 3,0-3,5m; calibre 14-16 e sem fuste formado;
- Ph *Platanus x hispanica*;
h= 5,0-5,5m; calibre 25-30 e com fuste direito a 1,8m;
- Pp *Pinus pinea*;
h= 5,0-6,0m; calibre 30-35 e com fuste direito a 1,8m;
- Qr *Quercus robur*;
h= 5,5-6,0m; calibre 25-30 e com fuste direito a 1,8m;
- Qrf *Quercus robur* "Fastigiata";
h= 4,0-4,5m; calibre 20-25;
- Qs *Quercus suber*;
calibre 10-50 e sem fuste formado;
- Tc *Tilia cordata*;
h= 5,0-5,5m; calibre 25-30 com fuste direito a 1,8m.

tipologia de espaço público

- Jardins e Parques
- Largos
- Espaços verdes de enquadramento
- Vias do Metro
- Estações de Metro
- Ruas
- Rotundas
- Estacionamento

TIPOLOGIAS DE ESPAÇO PÚBLICO E PLANTAÇÃO DE ÁRVORES NAS LINHAS DE METRO DO PORTO

gond 1

0 30 60 90m

Troço Parque Nascente Cabanas

Anexo B

Levantamento de Campo – Aspetos considerados

INTRODUÇÃO

O levantamento de campo decorreu durante o Verão de 2009, entre Junho e Setembro tendo incidido sobre 2289 árvores que se encontravam plantadas nos espaços verdes públicos situados ao longo das linhas de metro do Porto de Matosinhos e da Maia.

Participaram no levantamento 2 técnicos especialistas e 1 técnico auxiliar que efetuaram medições e fizeram o preenchimento da ficha de campo e referenciação vetorial das árvores sobre cartografia previamente preparada (Figura B.1). A ficha de campo foi elaborada tendo por base fichas de campo habitualmente utilizadas para este tipo de trabalho, mas fizeram-se adaptações em alguns parâmetros dado se estar a avaliar árvores jovens e tendo em atenção os fatores que se pretendiam avaliar.

PARÂMETROS CONSIDERADOS NA FICHA DE CAMPO

A cada árvore foi atribuída uma ficha de campo cujo cabeçalho era composto por dados gerais como: datas de plantação/data da obra, data do levantamento (2009), identificação por nome botânico e vulgar. A ficha encontrava-se organizada em duas partes. Na primeira parte pretendia-se obter dados dendrométricos e na segunda dados gerais sobre a avaliação da árvore.

Segue-se a descrição dos parâmetros da primeira parte da ficha de campo dedicada à obtenção de dados dendrométricos.

A.1) pap - perímetro à altura do peito oferece informações sobre a evolução do crescimento da árvore desde a data da plantação até à data da medição. É um parâmetro normalmente utilizado pelos viveiristas de produção de plantas e, por isso, foi indicado como requisito na especificação técnica de Caderno de Encargos dos projetistas.

Medição realizada nos levantamentos de campo com fita graduada em múltiplos de π .

Foram recolhidas duas informações:

A – na data de plantação, o valor foi estipulado em caderno de encargos de cada projeto.

Poderá ter ocorrido alteração do pap previsto em caderno de encargos desde que a árvore tenha sido substituída após morte ou danos de grande gravidade. Nesse caso, o pap foi fornecido posteriormente pelo Departamento de Infraestruturas, Departamento de exploração e Departamento do Planeamento e Controlo de Gestão da Metro do Porto S. A. como indicação adicional da data da substituição indicada na segunda parte da ficha.

B – na data do levantamento de campo, o valor foi recolhido no local.

Nota: a expressão "perímetro à altura do peito" só por si não é suficiente para definir uma altura de medição exata e universalmente aceite. No entanto, no caso específico destes levantamentos foi considerado o pap a 1,20m acima do nível do solo porque assim se encontrava estipulado nos cadernos de encargos dos diferentes projetos, mantendo-se esta altura nos levantamentos para que possa haver maior rigor na comparação dos dados e resultados obtidos.

A.2) dap - diâmetro à altura do peito permite obter informação sobre o volume e a evolução do crescimento da árvore. Medição feita em centímetros e serviu para aferição dos pap levantados. Medição efetuada em levantamentos de campo com fita graduada em múltiplos de π .

A3.) Altura da copa – Medida desde o nível médio da copa da árvore até à ao topo da árvore. Medida relevante para avaliação de fustes e de volumes, em metros. O parâmetro não foi utilizado diretamente, servindo apenas como auxiliar de observação visual. Medição em levantamentos de campo com vara telescópica^{B1} e hipsómetro Vertex.

A.4) Altura da árvore – Medida desde o colo até à ao topo da árvore.

Medição que permite saber a evolução do crescimento da árvore em altura desde a data da plantação até à data da medição. Parâmetro normalmente utilizado pelos viveiristas de produção de plantas. A altura à data da plantação encontrava-se estipulada em caderno de encargos dos projetos. Poderá ter ocorrido alteração ao previsto em caderno de encargos desde que a árvore tenha sido substituída após morte ou danos de grande gravidade, ou caso não se tenha encontrado com as dimensões propostas no mercado. Nesse caso, a altura foi fornecida posteriormente pelo Departamento de Infraestruturas,

^{B1} Equipamento selecionado para medição dos Pinheiros mansos dada a forma da copa (redonda) tendo-se verificado em testes de campo ser este o equipamento que oferecia medições mais rigorosas para a altura uma vez que com o hipsómetro Vertex se incorria num dos erros comuns que era a da não visualização do topo da árvore.

Departamento de exploração e Departamento do Planeamento e Controlo de Gestão da Metro do Porto S. A. como indicação adicional da data da substituição indicada na segunda parte da ficha.

Medição em levantamentos de campo com vara telescópica e hipsómetro Vertex (pelas mesmas razões apontadas no ponto anterior), em metros.

A segunda parte da ficha de campo corresponde a um conjunto de parâmetros que tendo uma avaliação acessível, rápida e precisa e que podiam ser aplicados sobre todas as árvores, implicavam medições com algum nível de subjetividade uma vez que se baseavam na análise visual do técnico especialista que se encontrava a realizar o levantamento de campo não sendo utilizados instrumentos de medição.

B.1) Situação – Parâmetro que indica a localização em que a árvore se encontrava plantada de modo a se poder avaliar a influência deste fator nos acréscimos médios anuais de pap e altura das árvores.

O volume de solo disponível para o desenvolvimento do sistema radicular, tal como a disponibilidade de espaço para o desenvolvimento das copas foram considerados parâmetros condicionadores do crescimento das árvores em espaço urbano.

Foram consideradas as seguintes classificações das árvores quanto à situação:

Terreno – quando as árvores se situam em jardins, parques, rotundas ou zonas de enquadramento ou seja, em espaços com áreas relativamente largas e extensas.

Caldeira – quando as árvores se situam em espaços compartimentados quadrados, redondos ou retangulares relativamente contidos (áreas nunca superiores a 4m²).

Trincheira – quando as árvores se situam em canteiros retangulares tendo um dos seus lados dimensão não superior a 2,5m e o outro pelo menos 10,0m.

Observação visual, em levantamento de campo, com aferição em gabinete tendo por base os dados dos projetos.

B.2) Orientação/Exposição Solar - Norte, Sul, Este, Oeste, Plano – Parâmetro diretamente relacionado com o número de horas de sol de exposição da árvore. Pretendia-se verificar se o maior ou menor número de horas de sol pode influenciar o crescimento da árvore.

Observação visual em levantamento de campo com aferição em gabinete tendo por base os dados dos projetos e sem considerar a influência do ensombramento ou reflexão provocado por superfícies edificadas e pavimentadas.

B.3) Rega – Árvores com rega são todas as que usufruem de sistemas de rega por aspersão, pulverização e gotejamento.

Pretendia-se com este parâmetro verificar de que forma a disponibilidade ou não de água de acordo com as necessidades da árvore tem influência no seu crescimento.

Observação visual em levantamentos de campo com aferição em gabinete tendo por base os dados dos projetos.

B.4) Feridas no tronco principal 1, 2, > 2 e Feridas tronco secundário 1, 2, > 2.

Parâmetro que tinha por objetivo verificar a influência que as feridas nos troncos das árvores podiam ter nos crescimentos das árvores.

Foram consideradas como feridas os cortes feitos com objetos cortantes (atos de vandalismo), cortes feitos por ações de manutenção (com exceção de podas), feridas provocadas por tutores e feridas provocadas pelo contacto intenso com superfícies como sejam: paredes, varandas, cartazes, toldos, etc.

Observação visual em levantamento de campo.

B.5) Inclinação da árvore - 20°, 45°, mais de 45°.

Parâmetro que tinha por objetivo obter dados sobre a influência das inclinações das árvores no seu crescimento.

Medição ocular em levantamento de campo.

B.6) Compactação do solo.

Parâmetro que tinha por objetivo verificar as condições em que as raízes das árvores se estavam a desenvolver perante condições de compactação. Obtenção de dados por observação visual nomeadamente observação das condições físicas do solo como: densidade, fendas, eventual falta de oxigénio, excesso de água, solos secos e temperaturas extremas.

Observação visual realizada durante o levantamento de campo.

B.7) Forma da copa simétrica, assimétrica, irregular, muito irregular, piramidal, cálice.

Parâmetro que tinha por objetivo verificar a influência da forma da árvore no seu crescimento.

Observação visual realizada em levantamento de campo.

B.8) Podas aplicadas: não aplicadas e podas aplicadas bem executadas e mal executadas.

Parâmetro que tinha por objetivo avaliar a influência da poda no crescimento da árvore.

Quando do levantamento de campo foram consideradas podas mal executadas as que apresentavam as seguintes situações: podas que deixaram tecidos rasgados; cortes demasiado rentes; presença de tocos; existência de cortes “tardios” (cortes de ramos com dimensão superior 5 cm de diâmetro).

Observação visual realizada em levantamento de campo.

B.9) Fuste formado acima da catenária, abaixo da catenária.

Parâmetro que tinha por objetivo avaliar de que modo fustes excessivamente altos e desproporcionados em relação às copas poderiam condicionar o crescimento das árvores. Parâmetro considerado nas árvores situadas ao longo da via do metro.

Medição ocular em levantamento de campo com aferição tendo por base dados de projeto em gabinete.

B.10) Vandalismo.

Parâmetro que tinha por objetivo avaliar como as ações de vandalismo podem interferir no crescimento das árvores.

Foram considerados como atos de vandalismo: cortes, letras e símbolos desenhados com objetos cortantes, pinturas, aplicação de cartazes, cabos elétricos, cabos de telefone etc., colocação frequente de sacos de lixo junto das árvores (resíduos domésticos).

Observação visual realizada em levantamento de campo

B.11) Substituída em __/__/____.

Parâmetro que tinha por objetivo obter dados relativos ao número e local de árvores que morreram e que foram substituídas, quantas vezes, e em que locais.

Observação visual em levantamento de campo com aferição em gabinete tendo por base dados de projeto e dados fornecidos pela Metro do Porto S.A. (Departamento de Infraestruturas, Departamento de exploração e Departamento do planeamento e controlo de gestão) e pelas Câmara Municipal da Maia (Divisão de Ambiente) e Câmara Municipal de Matosinhos (Divisão de Espaços Verdes).

À medida que se foi fazendo o levantamento de campo introduziram-se outros dados que se consideravam relevantes e que foram anotados no ponto destinado a observações e que dada a frequência da observação foram tratados estatisticamente. Foram assim introduzidos os parâmetros:

B.12) - Cortes ao nível do colo das árvores provocado pelo fio de corte – atividade da manutenção.

B.13) - Feridas provocadas por más e/ou prolongadas técnicas de tutoragem.

PARÂMETROS EXCLUÍDOS DA FICHA DE CAMPO

a) Temperatura, humidade e ventos à data da plantação.

Tratando-se de obras com períodos de execução prolongados verificou-se terem as plantações decorrido em épocas muito distintas não sendo possível obter dados significativos relativos à plantação das árvores. Por essa razão optou-se por não se introduzir os dados temperatura/humidade na ficha de campo para avaliação do crescimento do material vegetal mesmo se sabendo que seriam importantes para a determinação de alguns dos sintomas que as plantas apresentam, nomeadamente o *dieback*. A opção passou por se fazer uma análise geral sobre o clima da região e pela capacidade de adaptação da vegetação face às condições existentes na região.

b) Análises dos solos.

Dado o levantamento de campo se realizar num período de tempo relativamente próximo das épocas em que se realizaram as obras (máximo de 9 anos) e de quando da execução da plantação se terem aberto covas de plantação que foram preenchidas com solos adubados, fertilizados e corrigidos (substituição de solos) de acordo com os cadernos de encargos dos projetos, considerou-se que os resultados das análises químicas e de matéria orgânica aos solos não seriam muito relevantes por as condições serem muito

semelhantes entre as diferentes árvores presentes ao longo das linhas do Metro. Considerou-se também que em muitas das situações não decorreu tempo suficiente para que as raízes se tenham expandido quer em extensão quer em profundidade muito para além da área da cova de plantação para que a composição química dos solos existentes possam condicionar a instalação do material vegetal. Quando do levantamento de campo observaram-se situações relacionadas com as características físicas dos solos tendo sido identificadas por observação visual e que se prendiam com: encharcamentos, solos compactados e eventuais contaminações por lixiviados de proveniências várias, aspetos estes que serão avaliados pela avaliação de parâmetros como compactação e vandalismo.

c) Dimensão das caldeiras.

Os projetos realizados para as linhas do Metro de Matosinhos e Maia contemplam caldeiras quadradas de dimensões que variam entre 0,70m x 0,75m e 1,20 x 1x20m junto de impermes, em locais como estacionamento automóvel ou passeios pedonais.

Sendo todas as caldeiras aplicadas em todos os projetos com dimensões semelhantes optou-se por não se fazer a avaliação deste parâmetro para além da avaliação que apenas considera estar ou não estar plantada em caldeira (parâmetro situação).

Outra das razões que levou a não se considerar o efeito do tamanho das caldeiras no crescimento das árvores deve-se ao facto de se estar a estudar árvores jovens, com períodos de crescimento máximo após transplante de 9 anos, estando as árvores em condições muito semelhantes e com raízes com pequenos crescimentos quer em extensão quer em profundidade. Este parâmetro seria muito relevante de analisar para árvores adultas.

Alguns dos dados para o preenchimento e aferição das fichas de campo foram fornecidos em entrevistas realizadas a quadros técnicos da Metro do Porto S.A. (Departamento de Infraestruturas, Departamento de exploração e Departamento do planeamento e controlo de gestão) e pelas Câmara Municipal da Maia (Divisão de Ambiente) e Câmara Municipal de Matosinhos (Divisão de Espaços Verdes).

FIABILIDADE DO MÉTODO E ERROS DE MEDIÇÃO

Na recolha de dados utilizaram-se equipamentos e metodologias que permitiram a aplicação e utilização sobre um número vasto de árvores de forma expedita e intuitiva, de modo a se minimizarem os possíveis erros de medição e de observação e teve-se em consideração que:

A - estando-se a medir árvores com formas muito irregulares e em espaços muito condicionados, como são os espaços urbanos, maiores são as probabilidades de ocorrerem erros na medição destes elementos pelo que se deve utilizar o método e instrumento mais adequado a cada situação;

B – utilizaram-se sempre os mesmos instrumentos de medição, vara telescópica, hipsómetro Vertex e fita graduada em múltiplos de π ao longo de todo o levantamento, de modo a se evitarem desajustamentos que os próprios instrumentos induzem.

C – as condicionantes dadas pelas condições do clima são aspetos importantes em levantamentos de campo. O ruído e as temperaturas elevadas alteram o modo de funcionamento dos instrumentos. Também a chuva, nevoeiro, neblinas e o vento alteram as condições de visibilidade e de perceção das árvores podendo levar a incorreção dos dados. Tendo em consideração estes aspetos optou-se por se fazer o levantamento numa mesma estação do ano encurtando-se ao mínimo o período de trabalho e restringindo aos meses de Verão.

D – a topografia pode induzir a erros na perceção das distâncias, áreas e tamanhos. Este aspeto foi tido em consideração corrigindo-se os erros principalmente em áreas de forte inclinação.

E – os erros humanos estão sempre presentes principalmente quando se utilizam instrumentos óticos ou a análise visual direta. Para minimizar estes erros utilizou-se sempre o mesmo operador para manipular a mesma máquina seguindo um mesmo procedimento.



Figura B.1 Levantamento de campo na linha de metro de Matosinhos e Maia. Junho e agosto de 2009
Fonte: Autor

Anexo C

Clima e qualidade do ar

A AMP é fortemente influenciada pelo oceano atlântico localizado a poente e pelas cadeias montanhosas que se situam a oriente. A proximidade do oceano atlântico faz-se sentir pelo seu efeito moderador, nas temperaturas tornando-as amenas ao longo de todo o ano e na humidade relativa, que é elevada, ao longo de todo o ano. Os valores de temperatura observados na estação climatológica da Serra do Pilar/Porto do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (dados observados num período compreendido entre 1971-2000)^{c1} indicam temperaturas elevadas, podendo ser superiores a 30°C, nos meses de Maio, Junho, Julho, Agosto e Setembro apesar de num número reduzido de dias (4,6 a 0,6) e também podem ser inferiores a 0,0 graus num número reduzido de dias entre Dezembro e Março para as temperaturas mínimas diárias num número também pouco significativo de dias (0,3 a 2,1 dias), o que reflete o carácter ameno do clima onde cerca de 50 dias apresentam temperatura máxima superior a 25°C.

Sombreia-se a cinzento no Quadro C.1 os dias e meses com temperaturas mais elevadas e mais baixas porque serão estas temperaturas que poderão condicionar a instalação e crescimento das árvores por alterações no processo da fotossíntese e condições de défice hídrico.

Quadro C.1 Temperaturas verificadas na Estação climatológica da Serra do Pilar entre 1971 e 2000

Data	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Temperatura Máxima Diária (°C)													
Maior valor	22.3	23.2	28	28.9	34.1	38.7	38.3	37.6	36.9	32.2	26.3	24.8	38.7
Data	26/1980	15/1998	23/1997	30/1994	16/1992	14/1981	27/1981	02/1987	06/1988	14/1985	06/1981	02/1985	14/06/1981
Menor valor	4.4	5.2	6.4	8.9	11.6	13	16.7	18.6	16.6	12.4	9.8	7.1	4.4
Data	03/1971	04/1994	08/1971	23/1995	04/1978	12/1977	07/1977	30/1974	23/1972	27/1976	24/1985	31/1996	03/01/1971
Temperatura Mínima diária (°C)													
Maior valor	14.0	14.4	16.2	17.3	20.2	22.1	23.4	23.0	21.2	19.6	17.9	18.4	23.4
Data	13/1993	15/1995	11/1981	06/1997	25/1991	14/1981	08/1999	15/1995	03/1982	11/1997	09/1985	04/1985	08/07/1999
Menor valor	-3.3	-2.8	-1.3	0.1	2.6	5.6	9.5	8.0	5.5	1.4	-0.3	-1.2	-3.3
Data	15/1985	12/1983	04/1974	06/1975	01/1972	05/1984	12/1978	30/1974	29/1974	31/1974	27/1980	22/1990	15/01/1985
Número médio de dias com Temperatura													
Máxima ≥ 30 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.5	4.6	3.5	2.3	0.4	0.0	0.0	13.9
Máxima ≥ 25 °C	0.0	0.0	0.9	1.4	2.5	7.4	12.0	12.5	9.2	3.3	0.2	0.0	49.4
Mínima ≥ 20 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.8	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	2.2
Mínima ≤ 0 °C	2.1	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	4.2

Fonte: Estação climatológica da Serra do Pilar 1971-2000. Estação: climatológica; Número: 546; Localização: Lat.: 41°08'N; Lon.: 08°36'W; Alt.: 93m; Ipma, 2014: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/001/>

^{c1} De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM), “o clima é caracterizado pelos valores médios dos vários elementos climáticos num período de 30 anos, designando-se valor normal de um elemento climático o valor médio correspondente a um número de anos suficientemente longo para se admitir que ele representa o valor predominante daquele elemento no local considerado” (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, 2014).

A normal climatológica de um elemento climático para um dado local é dada pelo valor médio de um número de anos suficiente para se poder admitir que representa o valor predominante daquele elemento no local considerado. O período de 30 anos foi fixado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) devendo ter início no primeiro ano de cada década (ex.: 1901-30, 1931-1960, 1941-1970, 1961-1990, 1971-2000). “Os apuramentos estatísticos referentes a estes intervalos são geralmente designados por Normais Climatológicas” (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, 2014).

No que diz respeito à precipitação medida na mesma estação climatológica da Serra do Pilar/Porto e para o mesmo período de 1971-2000, obtém-se um valor anual para a precipitação de 1253,50mm sendo os meses mais chuvosos em número de dias e quantidade de precipitação Outubro, Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro. De acordo com os dados fornecidos e indicados no Quadro C.2 mesmo nos meses de Verão e usualmente indicados como de estio, ocorre sempre alguma precipitação entre os 3 e os 6 dias mensais.

Quadro C.2, Média da quantidade de Precipitação mensal e anual em mm observada na Estação climatológica da Serra do Pilar

Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
157.6	139.7	89.9	115.6	97.6	46.0	18.3	26.7	71.0	138.0	158.4	194.7	1253.5

Dados fornecidos pelo Ipma, 2014: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/001/>

Face aos valores apresentados não se considera serem as temperaturas e humidade condições desfavoráveis à instalação e crescimento das árvores, pois em situações normais (anos sem secas ou tempestades) ao longo de todo o ano ocorre precipitação não sendo as temperaturas excessivamente elevadas ou baixas. Mesmo nos meses mais quentes verifica-se sempre humidade no ar o que se deve à localização da Área Metropolitana do Porto junto do litoral o que permite uma forte influência do ar húmido proveniente do Oceano Atlântico. Segundo Monteiro (1993; 2001^a) a humidade relativa é, em média, sempre muito elevada (> 75%) em qualquer época do ano.

As árvores amostradas situam-se nos concelhos da Maia e Matosinhos pelo que se considera não ser o fator temperatura e humidade um dos que possam influenciar significativamente os acréscimos de altura e pap em espaço urbano.

Analisando o fator vento recorre-se às estações de Leça da Palmeira e Porto/Aeroporto Francisco Sá Carneiro (Windfinder desde janeiro de 2000 – janeiro de 2012 - Quadro C.3) que oferece as direções dominantes dos ventos em função dos meses do ano e médias da velocidade do vento resultando os valores das médias mensais obtidas ao longo dos anos de medição.

O vento é um fator importante por condicionar fisiologicamente e morfológicamente a árvore.

Quadro C.3 Orientações dos ventos dominantes observados nas estações de Leça da Palmeira e Aeroporto Francisco Sá Carneiro

Estação de Leça da Palmeira												
Mês do Ano	Jan	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Predominancia do Vento	NE	ESE	ENE	ENE	NE	WNW	WNW	WNW	WNW	ESE	SE	ESE
Velocidade do vento Km/h	6	6	7	7	9	7	7	7	7	6	7	6

Fonte: Windfinder (2013) http://www.windfinder.com/windstats/windstatistic_leca_da_palmeira.htm

Estação Porto - Aeroporto												
Mês do Ano	Jan	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Predominancia do Vento	ESE	ESE	NW	NW	NW	NW	NW	NW	NW	S	ESE	ESE
Velocidade do vento Km/h	15	15	17	15	17	15	15	15	13	15	15	15

Fonte: Windfinder (2013) http://www.windfinder.com/windstats/windstatistic_porto.htm

Face à posição de cada posto de observação existem alterações locais nos registos efetuados e indicados no Quadro C.3. Verifica-se a mesma tendência de no Verão os ventos terem direção dominante do quadrante noroeste e oés-noroeste (NW/WNW) e de no Inverno terem direção dominante dos quadrantes és-sudeste (ESE) e lés-nordeste (ENE).

Relativamente à velocidade do vento verifica-se que o posto de medição de Pedras Rubras é o que apresenta valores médios mais elevados podendo levar a maiores deformações da copa e ramos. Na linha de metro da Maia é provável que as árvores sintam maiores necessidades hídricas e adaptem o seu sistema fisiológico no sentido de não perderem água apesar de durante todo o ano a humidade ser elevada e as temperaturas não serem muito elevadas. Os meses de Verão poderão ser os mais problemáticos face à combinação de temperaturas elevadas e ventos mas mesmo a “nortada” característica da faixa atlântica ocidental transporta massas de ar húmidas acabando por ter um efeito amenizador durante os meses de Verão.

Ainda se tem que ponderar face aos estudos realizados por Monteiro (2001^a) para a AMP que podem surgir anomalias térmicas positivas em Matosinhos e na Senhora da Hora resultantes da orientação dos edifícios, das propriedades térmicas dos materiais aplicados nos revestimentos, do grande número de veículos em circulação e das atividades da população que levam ao aumento das temperaturas. De acordo com a mesma autora para Matosinhos e Senhora da Hora podem-se criar condições para o aparecimento de diferenças de temperatura entre o tecido urbano e as suas periferias de 3,9°C a 4,9°C (Monteiro, 2001^a). Na Maia, a área em estudo do Metro concentra-se na freguesia de Moreira não havendo registos de anomalias térmicas positivas.

Tem-se assim para o caso das árvores em estudo e com base nos elementos disponíveis pelos estudos realizados para a AMP que são as árvores plantadas no centro de Matosinhos e na Senhora da Hora que poderão ser as mais afetadas por situações de temperaturas elevadas durante os meses de Verão.

Face aos dados apresentados considera-se que Matosinhos e Maia apresentam um clima húmido e ameno podendo interferir na instalação e crescimento das espécies (cultivares, híbridos):

- temperaturas baixas e geadas durante os meses mais frios de Inverno;
- velocidades elevadas e permanência de ventos;
- temperaturas elevadas durante o período de verão porque coincidentes com os meses de mais baixa pluviosidade e presença de ventos.

Tendo em consideração que as plantas jovens são as mais afetadas pelo fator clima por não possuírem sistemas radiculares profundos capazes de absorver água e nutrientes em profundidade e a maiores distâncias e serem diminutas as suas reservas de fotoassimilados, as condições próprias de cada plantação como seja a proximidade à linha do mar e as classificações definidas por Viñas (1992), verifica-se que 78% da quantidade total das árvores aplicadas ao longo das linhas do metro em Matosinhos e Maia se encontra adaptada às condições existentes de clima onde foram plantadas, 10% não se encontra adaptada às condições existentes de clima onde foram plantadas e para 12% não se dispõe de informação de acordo com a referência bibliográfica selecionada (Figura C.1).

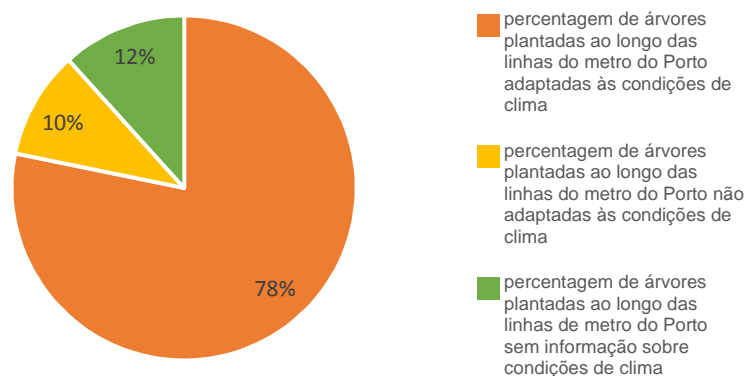


Figura C.1 Percentagem de árvores plantadas ao longo do metro do Porto em Matosinhos e Maia e sua adaptação às condições de clima

Na figura C.2 indicam-se as espécies (cultivares, híbridos) que se encontram e não se encontram adaptadas às condições de clima tendo-se ponderado a temperatura, vento e proximidade à linha de costa das árvores que foram plantadas ao longo da linha de metro em Matosinhos e na Maia. As árvores para as quais não se tem informação representam poucas espécies (cultivares, híbridos) e pequena quantidade no contexto geral das linhas do metro de Matosinhos e Maia.

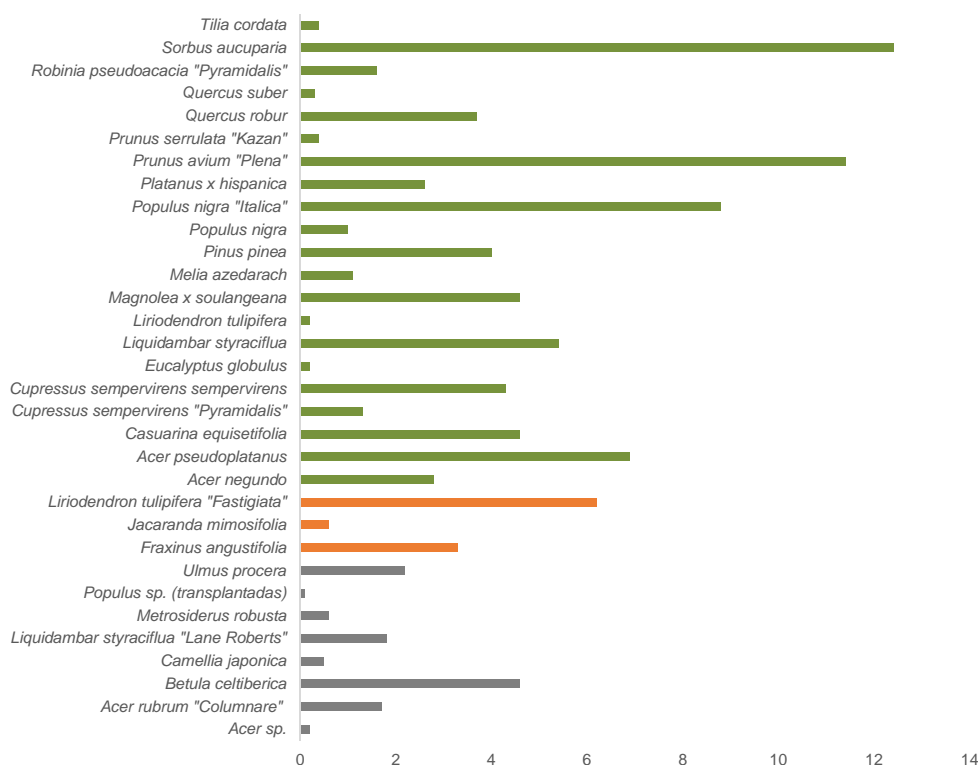


Figura C.2 Espécie, forma, cultivar e híbrido em percentagem de quantidade de árvores plantadas no metro do Porto em Matosinhos e Maia e adaptação ao clima

■ árvores para as quais não se dispõe de dados; ■ árvores não adaptadas ao clima do local;
■ árvores adaptadas ao clima do local,

Verifica-se que as árvores plantadas ao longo das linhas do metro em Matosinhos e na Maia não apresentam grandes constrangimentos relativamente ao parâmetro temperatura pois quase todas as árvores apresentam resistência a temperaturas mínimas absolutas compreendidas entre -15°C e -45 °C com exceção de *Jacaranda mimosifolia*, e *Eucalyptus globulus* (Vinãs, 1992).

Dado se estar num clima temperado onde as temperaturas máximas nunca se apresentam excessivamente elevadas (superiores a 42 °C) e as mínimas verificadas são da ordem dos -3,8 °C em Janeiro, o número de dias por ano com temperaturas abaixo de 0 °C ser inferior a 6, ocorrer pluviosidade durante quase todo o ano sendo curtos os períodos de stresse hídrico e os ventos ocorrerem durante quase todo o ano mas com velocidades baixas a moderadas, considera-se que as espécies e cultivares que poderão apresentar maiores constrangimentos na instalação e crescimento pelo fator clima são:

- *Jacaranda mimosifolia* e *Eucalyptus globulus* que em anos muito frios e com geadas prolongadas podem ficar com folhas amarelas e até eventualmente ocorrer a sua queda;

- *Liriodendron tulipifera* e *Liriodendron tulipifera* “Fastigiata” na linha de metro da Maia por estarem mais expostos ao vento;

- *Fraxinus angustifolia* na linha de metro de Matosinhos por estarem mais expostos aos ventos marítimos;

No geral verifica-se que a maioria das espécies aplicadas se encontram devidamente adaptadas ao clima local não sendo este um fator que possa vir a criar condicionantes ao desenvolvimento das árvores.

No que diz respeito à capacidade de instalação e crescimento das árvores face ao fator qualidade do ar nas linhas do metro em Matosinhos (centro e Senhora da Hora) e Maia (aeroporto), torna-se necessário proceder ao levantamento dos principais poluentes presentes na atmosfera do Porto (áreas de influência das linhas de metro do Porto) e em que níveis se encontram.

Os poluentes atmosféricos que se podem encontrar em espaços urbanos na atmosfera em elevadas concentrações e que se consideram serem mais tóxicos para as árvores como se referiu no capítulo 3 são óxidos de azoto (NOx), ozono (O₃) dióxido de enxofre (SO₂) e partículas em suspensão (Monteiro 1993; 2001^a; Almeida, 2006). Na AMP e, em especial nos concelhos de Matosinhos e Maia, inventariaram-se como principais fontes emissoras destes poluentes as áreas industriais de grande dimensão destacando-se as de Matosinhos e Maia, Complexo Industrial da Refinaria de Matosinhos, Lipor - Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, Siderurgia Nacional, a grande atividade ligada à circulação rodoviária pela presença de Autoestradas IC24/A41, IC1/A28, IC24/A20, IC29, A4, e no sector de transportes destaca-se o aeroporto Francisco Sá Carneiro e o porto de Leixões.

No caso das emissões provenientes das zonas industriais (Matosinhos e Maia), grandes vias e Refinaria os ventos de ESE e ENE propiciam o aumento dos poluentes sobre as freguesias de Matosinhos, Leça da Palmeira e Porto e os de WNW, NW propiciam o aumento dos poluentes vindos do Porto e Vila Nova de Gaia (principalmente rodoviário) sobre as freguesias de Matosinhos, Leça da Palmeira e Maia. Os ventos de Inverno e Outono de ESE, ENE e SE apresentam um efeito “positivo” porque arrastam os poluentes para o mar deixando Matosinhos e Maia mais “limpos” (Monteiro 2001^a) (Figura C.3).

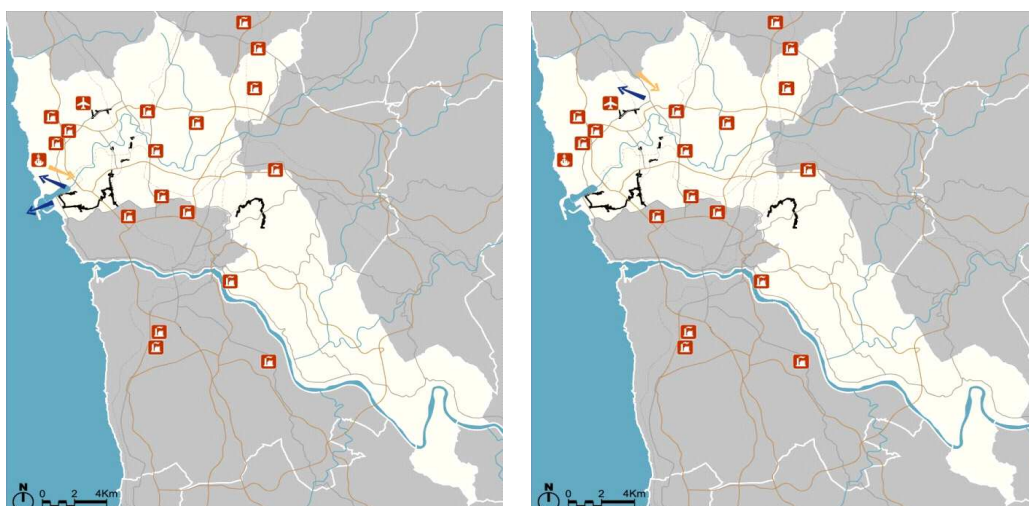


Figura C.3 Localização das principais áreas industriais, aeroporto Francisco Sá Carneiro e indicação dos ventos dominantes de Inverno (azul) e de verão (amarelo)

Tendo-se identificado as principais fontes emissoras e poluentes que se formam na envolvente imediata das áreas em estudo indicadas na Figura C.3 e de que forma se efetua a dissipação dos poluentes face às condições de circulação do ar, torna-se necessário saber se os valores habitualmente obtidos se encontram dentro dos parâmetros indicados pela legislação em vigor. Com esse objetivo selecionam-se as estações de recolha de dados que se encontrem dentro da área de influência das áreas em estudo.

O Decreto-lei nº 102/2010 de 23 de Setembro^{c2} e a Diretiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Concelho são a legislação que serve de suporte ao relatório de Análise Estatística dos dados de Qualidade do Ar da Região Norte em 2010 da CCDRN e aos limites apresentados para a vegetação. Tendo em consideração que a linha de metro em Matosinhos percorre as freguesias de Matosinhos e Senhora da Hora e na da Maia a freguesia de Moreira, foram selecionadas como estações de amostragem de medições de poluentes as de Matosinhos centro e da Senhora da Hora e na Maia a de Vila Nova da Telha por serem as que se encontram mais próximas dos locais por onde passam as linhas de metro (Quadro C.4) (Figueiredo, 2011).

Quadro C.4 Características das estações de medida de poluentes

Estação	Tipo	Concelho	Data de início	NO _x	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃
Matosinhos centro (Augusto Gomes)	Tráfego	Matosinhos	Set. 2002	X	X	X	-	X Desligado em 2006
Senhora da Hora (João Gomes Araújo)	Tráfego	Matosinhos	Set. 2001	X	X	X	-	-
Vila Nova da Telha	Suburbana de Fundo	Maia	Out. 1998	X	X	X	-	X

Adaptado de Figueiredo (2011:10)

^{c2} Legislação em vigor em Portugal que fixa os objetivos para a qualidade do ar ambiente atendendo às normas, às orientações e aos programas da Organização Mundial de Saúde. São também indicados valores alvo e objetivos a longo prazo para a proteção da vegetação para o ozono e níveis críticos para a proteção da vegetação para o dióxido de enxofre e para o dióxido de azoto. A Legislação transpõe a Diretiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Concelho relativa à qualidade do ambiente e a um ar mais limpo na Europa.

O Quadro C.4 apresenta as características das estações selecionadas verificando-se que se encontram localizadas em ambiente urbano consolidado com exceção de Vila Nova da Telha que se encontra em espaço urbano fragmentado daí a designação de suburbana. Relativamente à influência que sofrem as estações são classificadas como estações de Tráfego ou seja monitorizam a qualidade do ar resultante das emissões diretas do tráfego automóvel e Fundo ou seja uma estação que não monitoriza a qualidade do ar resultante das emissões diretas de nenhuma fonte em particular (Figueiredo, 2011).

Segue-se a apresentação no Quadro C.5 dos valores detetados nas estações selecionadas e apresentados por Figueiredo (2011) no Relatório Final de Análise Estatística dos Dados de Qualidade do Ar, da Região Norte em 2010, publicado pela Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte dos poluentes que apresentam valores estabelecidos no Decreto-lei nº 102-2010 para a proteção da vegetação porque se consideram serem os mais tóxicos para as árvores: óxidos de azoto (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂), partículas (PM₁₀) e ozono (O₃). Sombreado a cinzento encontram-se os valores que excedem os limites indicados para a proteção da vegetação pela legislação.

Quadro C.5 Dados obtidos para vários poluentes e relação com os valores limite para a vegetação nas estações de maior proximidade às linhas de Metro em análise^{C3}

Estação	NO ₂ μg/m ³ (30 μg/m ³)	NO μg/m ³ (30 μg/m ³)	SO ₂ μg/m ³ (20 μg/m ³)	O ₃ μg/m ³ h ^(6000 μg/m³)	PM ₁₀ μg/m ³
Matosinhos centro	(42 μg/m ³) Excede	(21 μg/m ³) Não excede	(31 μg/m ³) Excede		(32 μg/m ³)
Senhora da Hora	(43 μg/m ³) Excede	(14 μg/m ³) Não excede	(31 μg/m ³) Excede		(40 μg/m ³)
Vila Nova da Telha	(21 μg/m ³) Não excede	(6 μg/m ³) Não excede	(19 μg/m ³) Não excede	Não excede	(46 μg/m ³)

Fonte: relatório da CCDRN de 2010

A Figura C.4 apresenta as médias anuais de NO₂ em 2010 de acordo com dados publicados pela CCDRN no Relatório de Análise Estatística dos Dados de Qualidade do Ar, da Região Norte para as estações em análise ao longo das linhas do metro em Matosinhos e na Maia fazendo-se a comparação com os valores críticos para a proteção da vegetação que são de 30 μg/m³, excedendo-se em Matosinhos e na Senhora da Hora.

Também se apresentam as médias anuais de NO dos valores obtidos nas estações de recolha de dados na Figura C.5 e, por comparação com os valores críticos para a proteção da vegetação que é de 30 μg/m³, verifica-se que em todas as estações os valores das médias anuais não excedem os níveis críticos indicados para a vegetação.

^{C3} O Decreto-Lei nº 102/2010 considera no anexo IV, B ponto 2 que os pontos de amostragem orientados para a avaliação da proteção da vegetação e dos ecossistemas naturais devem ser instalados a mais de 20 Km das aglomerações e a mais de 5Km de outras zonas urbanizadas, instalações industriais ou autoestradas ou estradas principais com um tráfego superior a 50000 veículos por dia, para que o ar amostrado seja representativo da qualidade do ar ambiente. O mesmo ponto prevê a possibilidade de instalação de pontos de amostragem a distâncias inferiores ou representativos da qualidade do ar de áreas menos extensas em função das condições geográficas ou da necessidade de proteger áreas particularmente vulneráveis. As áreas em estudo não se enquadram em nenhuma das situações especificadas na legislação mas considera-se que estando-se a avaliar as condições do ar que devem permitir as melhores condições de crescimento das árvores o valor indicado pela legislação pode ser aplicado mesmo em áreas urbanas por ser o mais aconselhável para a proteção da vegetação.

Em relação ao dióxido de enxofre (SO_2) sendo um gás altamente tóxico, a legislação indica como nível crítico $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para a proteção da vegetação para o dióxido de enxofre cujo período de referência de medição é o ano civil e o Inverno (de 1 de Outubro a 31 de Março) não havendo margens de tolerância cujos valores são apresentados na Figura C.6. Infelizmente os dados disponíveis pelo relatório de Figueiredo (2011) dão-nos as máximas horárias e diárias e não as médias anuais que seriam as mais indicadas para a avaliação da influência do poluente dióxido de enxofre sobre a vegetação. No entanto, utilizaram-se as máximas mensais das estações que fazem a recolha destes dados sobre este poluente para avaliação sobre os efeitos na vegetação, verificando-se que em Matosinhos e Senhora da Hora os máximos são da ordem dos $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ excedendo os valores máximos. Em Vila Nova da Telha os valores máximos diários não chegam a exceder os valores indicados na legislação. Tendo por base os estudos de Monteiro (1989) verificam-se ocorrências de valores acima aos valores-guia apontados principalmente nos meses de Agosto, Setembro e Março.

Relativamente ao Ozono (O_3) tal como o indicado na figura C.7 verifica-se que em duas das estações não se fazem avaliações relativas ao Ozono que são as de Matosinhos centro de Senhora da Hora. Na estação de Vila Nova da Telha os valores indicados pela legislação para o longo prazo de $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ não são excedidos.

As PM_{10} nos meios urbanos são essencialmente geradas pelas emissões de tráfego, particularmente nos veículos a gasóleo. As instalações de combustão, nomeadamente as centrais termoelétricas, bem como as caldeiras de pequenas dimensões, os processos industriais que geram diversas formas de poeiras e a agricultura, constituem fontes adicionais de PM_{10} . Os eventos naturais, tais como o transporte de partículas provenientes do deserto do Saara, incêndios florestais ou ressuspensão de partículas, podem influenciar igualmente as concentrações de PM_{10} . Os valores limite diários de PM_{10} apenas são indicados para a proteção da saúde humana não havendo nenhuma especificidade relativamente à vegetação na legislação. No entanto, sabendo-se da importância que as partículas têm no crescimento das árvores e no seu valor estético optou-se pela avaliação meramente quantitativa no sentido de se verificar se nas estações em análise se verifica a presença de um grande número de partículas. Do relatório efetuado por Figueiredo (2011) constata-se que das estações em análise a de Vila Nova da Telha é a que apresenta a maior quantidade de partículas PM_{10} ultrapassando os valores anuais para a proteção da Saúde Humana. A estação da Senhora da Hora encontra-se mesmo no limite do valor anual para a proteção da Saúde Humana com o valor de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura C.8).

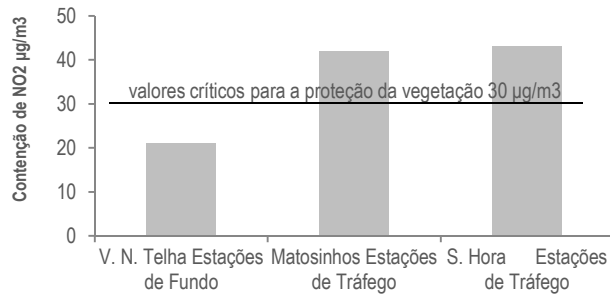


Figura C.4 Médias anuais de NO₂ em 2010 e comparação com o limite para o valor crítico para a proteção da vegetação. Fonte: Figueiredo, 2011^{C4}

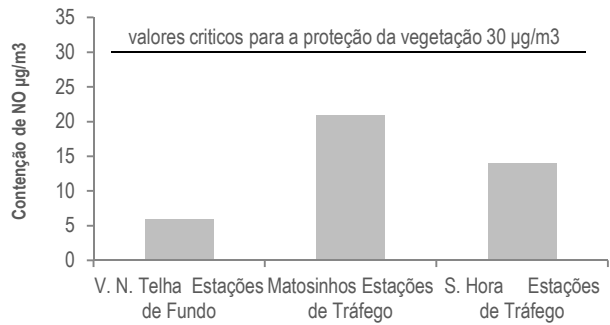


Figura C.5 Médias anuais de NO em 2010 e comparação com o limite para o valor crítico para a proteção da vegetação. Fonte: Figueiredo, 2011

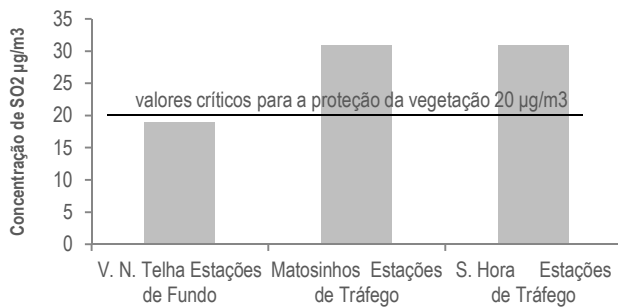


Figura C.6 Máximos diários de SO₂ em 2010 e comparação com o limite diário para o valor crítico da proteção da vegetação. Fonte: Figueiredo, 2011

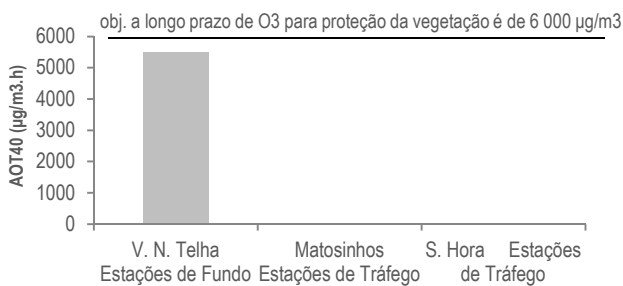


Figura C.7 AOT40 de O₃ em 2010 e comparação com o valor alvo. Fonte: Figueiredo, 2011

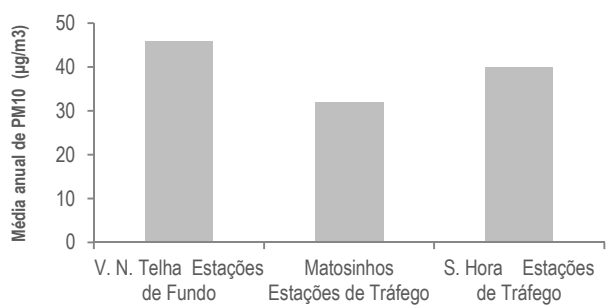


Figura C.8 Média anual de PM10 registada. Fonte: Figueiredo, 2011

^{C4}valores limite das emissões de poluentes com base no indicado no Decreto-Lei nº 102/2010 de 23 de Setembro e a Diretiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Conselho

No estudo efetuado em 2005 (Borrego *et al.*, 2005) *Relatório Final do Projecto STRATOZON: o ozono estratosférico na baixa troposfera sobre Portugal* concluiu-se que as partículas presentes na atmosfera medidas em Matosinhos e Vila Nova da Telha eram diretamente provenientes de emissões do tráfego automóvel enquanto na Senhora da Hora não se considerava ser o tráfego automóvel o contribuidor direto das partículas PM10 para a atmosfera admitindo-se que emissões secundárias de PM10 provenientes da ressuspensão provocada pelo tráfego automóvel tinham igualmente um papel significativo.

Das estações e valores analisadas conclui-se que as árvores que estão mais sujeitas a contaminação por poluentes atmosféricos são as que se encontram nas zonas mais densamente construídas, com maior número e intensidade de atividades humanas ao nível da circulação rodoviária, indústria e residência ou seja as árvores situadas em Matosinhos e Senhora da Hora. Também o desenho próprio do espaço urbano pode potenciar maior dificuldade de dissipação dos poluentes atmosféricos por deficiente drenagem atmosférica (Matosinhos e Senhora da Hora).

A linha de metro do metro na Maia atravessando áreas com menor densificação de construção (Vila Nova da Telha) apresenta valores inferiores dos poluentes atmosféricos de NO_x e SO_x tendo no entanto elevado número de partículas em suspensão ao que não deve ser indiferente a proximidade do aeroporto, zonas industriais e autoestradas.

Tendo-se em consideração a influência do clima sobre o comportamento dos poluentes atmosféricos e o modo como estes fatores abióticos vão interferir na instalação e crescimento das árvores que se situam longo das linhas do metro em Matosinhos e na Maia conclui-se que as árvores plantadas em Matosinhos (centro e Senhora da Hora) podem ser mais afetadas pelos poluentes NO₂ e SO₂ dado os valores limite indicados na legislação para a vegetação serem excedidos. As ações climáticas podem exercer ações importantes porque vão influenciar a forma de dispersão dos gases na atmosfera levando a que no Inverno os ventos dominantes possam “varrer” os poluentes das freguesias da Senhora da Hora, Matosinhos e Maia para o mar. Durante os meses de Verão os gases tendem a ser empurrados para o interior e se combinados dias quentes e secos em situação de acalmia (ausência de ventos) pode ocorrer concentração dos poluentes resultantes do tráfego automóvel e indústria e situações de stresse hídrico numa combinação de fatores negativos para as árvores.

Face aos dados obtidos nas diferentes estações, passou-se a avaliar a resistência das árvores aos poluentes atmosféricos de acordo com as classificações atribuídas por Viñas (1992) para a contaminação atmosférica urbana e industrial. O autor considera que a contaminação urbana resulta da presença de poluentes atmosféricos emitidos pela circulação automóvel e pelas necessidades relacionadas com o aquecimento, e a

contaminação industrial resulta dos gases emitidos por processos industriais, incluindo a combustão de resíduos urbanos (SO₂, fumos e chumbo).

A classificação efetuada considerou que as árvores do metro em Matosinhos e na Maia que apresentavam resistência a contaminantes atmosféricos eram as que apresentavam resistência a pelo menos a um dos contaminantes (urbanos ou industriais), e as que não apresentavam resistência a poluentes atmosféricos eram as que, em simultâneo, não apresentavam resistência aos poluentes urbanos e industriais considerando-se serem árvores sem resistência aos poluentes atmosféricos. Esta classificação teve em consideração as características das fontes de emissão dos poluentes em Matosinhos e na Maia e condições de clima que permite “limpar” os poluentes para o oceano durante uma parte do ano por ação dos ventos e humidade dado ocorrer pluviosidade e os resultados são apresentados nas Figuras C.9 e C.10.

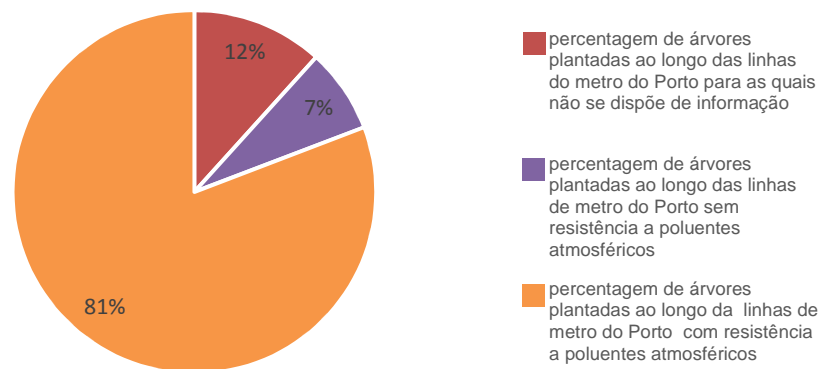


Figura C.9 Percentagem de árvores plantadas ao longo do metro do Porto em Matosinhos e Maia e a adaptação aos poluentes

Na Figura C.9 verifica-se que 81% do total das árvores plantadas ao longo do metro do Porto em Matosinhos e na Maia apresentam resistência a poluentes atmosféricos correspondendo os restantes 19% a árvores sem resistência a poluentes atmosféricos e a árvores para as quais não se dispõe de informação.

As árvores plantadas ao longo da linha de metro do Porto em Matosinhos, dada a maior presença de poluentes urbanos e industriais, serão as mais afetadas pelo elemento abiótico qualidade do ar podendo este interferir na sua instalação e crescimento das árvores.

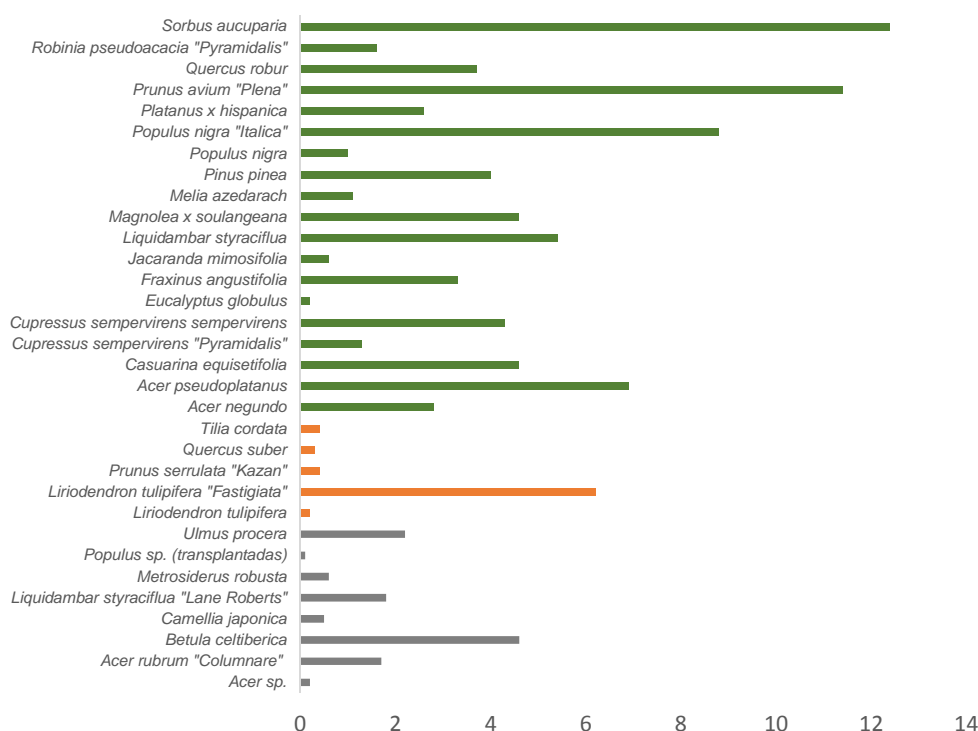


Figura C.10 Espécie (cultivar, híbrido) em percentagem do número total de árvores plantadas ao longo do metro do Porto em Matosinhos e na Maia e resistência aos poluentes

árvores para as quais não se dispõe de dados;
 árvores sem resistência aos poluentes;
 árvores com resistência aos poluentes

As espécies (cultivares, híbridos) situadas ao longo da linha do metro de Matosinhos e da Maia sem resistência simultaneamente aos poluentes urbanos e industriais são *Liriodendron tulipifera*, *Liriodendron tulipifera* "Fastigiata", *Prunus serrulata* "Kazan", *Quercus suber* e *Tilia cordata*. Com exceção do cultivar *Liriodendron tulipifera* "Fastigiata" que apresenta elevada percentagem de árvores todas as restantes espécies (cultivares, híbridos) sem resistência simultaneamente aos poluentes urbanos e industriais se encontram em pequena percentagem face ao número total de árvores plantadas ao longo das linhas de metro em estudo.

Anexo D

**Acréscimos médios anuais de pap e altura por espécie,
(cultivar, híbrido)**

Quadro D.1 Acréscimos médios anuais de pap

Espécies (cultivares, híbridos)	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm
<i>Acer rubrum</i> "Columnare"	51	17,36
<i>Betula celtiberica</i>	47	12,53
<i>Populus nigra</i> "Italica"	121	10,91
<i>Pinus pinea</i>	68	9,90
<i>Acer negundo</i>	65	7,94
<i>Cupressus sempervirens sempervirens</i>	103	6,88
<i>Casuarina equisetifolia</i>	129	6,43
<i>Quercus suber</i>	5	5,28
<i>Eucalyptus globulus</i>	4	4,48
<i>Robinea pseudoacacia</i> "Pyramidalis"	7	4,46
<i>Populus nigra</i>	9	4,41
<i>Ulmus procera</i>	45	4,33
<i>Platanus x hispanica</i>	51	4,11
<i>Prunus serrulata</i> "Kanzan"	7	4,08
<i>Cupressus sempervirens</i> "Pyramidalis"	27	4,05
<i>Liquidambar styraciflua</i>	120	3,84
<i>Melia azedarach</i>	28	2,99
<i>Tilia cordata</i>	11	2,65
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"	181	2,02
<i>Quercus robur</i>	85	1,93
<i>Prunus avium</i> "Plena"	203	1,74
<i>Acer pseudoplatanus</i>	197	1,51
<i>Fraxinus angustifolia</i>	97	1,32
<i>Sorbus aucuparia</i>	117	1,17
<i>Liquidambar styraciflua</i> "Lane Roberts"	30	0,75
<i>Metrosiderus robusta</i>	18	0,73
<i>Magnolia x soulangeana</i>	76	0,38
<i>Camellia japonica</i>	7	0,07
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	17	0,05

Quadro D.2 Acréscimos médios anuais de Altura

Espécies (cultivares, híbridos)	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de Altura em m
<i>Betula celtiberica</i>	47	3,14
<i>Acer rubrum</i> "Columnare"	51	2,56
<i>Populus nigra</i> "Italica"	121	1,99
<i>Sorbus aucuparia</i>	117	1,47
<i>Cupressus sempervirens sempervirens</i>	103	1,21
<i>Eucalyptus globulus</i>	4	0,98
<i>Acer negundo</i>	65	0,93
<i>Casuarina equisetifolia</i>	129	0,90
<i>Liquidambar styraciflua</i>	120	0,85
<i>Robinea pseudoacacia</i> "Pyramidalis"	7	0,77
<i>Magnolia x soulangeana</i>	76	0,69
<i>Platanus x hispanica</i>	51	0,57
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"	181	0,57
<i>Populus nigra</i>	9	0,57
<i>Prunus serrulata</i> "Kanzan"	7	0,56
<i>Quercus suber</i>	5	0,54
<i>Pinus pinea</i>	68	0,51
<i>Tilia cordata</i>	11	0,50
<i>Quercus robur</i>	85	0,50
<i>Ulmus procera</i>	45	0,44
<i>Cupressus sempervirens</i> "Pyramidalis"	27	0,33
<i>Fraxinus angustifolia</i>	97	0,30
<i>Acer pseudoplatanus</i>	197	0,30
<i>Metrosiderus robusta</i>	18	0,29
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	17	0,28
<i>Liquidambar styraciflua</i> "Lane Roberts"	30	0,25
<i>Prunus avium</i> "Plena"	203	0,22
<i>Melia azedarach</i>	28	0,14
<i>Camellia japonica</i>	7	0,00

Quadro D.3 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura função da situação: Terreno, Caldeira e Trincheira

Espécies (cultivares, híbridos)	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos médios de Altura em m	Relação estatística
<i>Magnolia x soulangeana</i>	76	0,37763	a	0,68684	c
<i>Acer pseudoplatanus</i>	197	1,51386	b	0,29853	a
<i>Prunus avium</i> "Plena"	203	1,74027	b	0,22118	a
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"	181	2,02155	b	0,57238	b
<i>Platanus x hispanica</i>	51	4,10588	c	0,57451	b
<i>Casuarina equisetifolia</i>	129	6,43481	d	0,89512	d

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Quadro D.4 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura função da situação: Caldeira e Terreno

Espécies	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos médios de Altura em m	Relação estatística
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	17	0,05294	a	0,27647	a - b
<i>Magnolia x soulangeana</i>	72	0,35000	a - b	0,67083	b - c
<i>Fraxinus angustifolia</i>	97	1,32474	a - b - c	0,30103	a - b
<i>Acer pseudoplatanus</i>	63	1,61921	a - b - c - d	0,30222	a - b
<i>Prunus avium</i> "Plena"	184	1,80476	a - b - c - d	0,23859	a - b
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"	178	2,01629	a - b - c - d - e	0,56910	a - b -
<i>Tilia cordata</i>	11	2,64545	b - c - d - e - f	0,50000	a - b -
<i>Melia azedarach</i>	28	2,99286	c - d - e - f	0,13571	a
<i>Liquidambar styraciflua</i>	113	4,03805	d - e - f	0,87522	c
<i>Populus nigra</i>	9	4,40556	e - f	0,57083	a - b -
<i>Platanus x hispanica</i>	40	4,95500	f - g	0,64500	b - c
<i>Casuarina equisetifolia</i>	56	6,86839	g	0,82250	c
<i>Populus nigra</i> "Italica"	121	10,91314	h	1,98926	d
<i>Betula celtiberica</i>	47	12,52830	h	3,13787	e

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Quadro D.5 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura função da situação: Trincheira e Terreno

Espécies	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos médios de Altura em m	Relação estatística
<i>Magnolia x soulangeana</i>	39	0,25897	a	0,27949	a - b
<i>Metrosideros robusta</i>	18	0,73333	a - b	0,28889	a - b
<i>Liquidambar styraciflua</i> "Lane Roberts"	30	0,74800	a - b	0,24900	a - b
<i>Acer pseudoplatanus</i>	168	1,43107	a - b - c	0,27750	a - b
<i>Prunus avium</i> "Plena"	109	1,83486	b - c	0,17557	a
<i>Quercus robur</i>	85	1,93259	b - c - d	0,49894	b - c
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"	26	2,49231	c - d	0,78077	d
<i>Platanus x hispanica</i>	41	3,36341	d	0,54146	c
<i>Casuarina equisetifolia</i>	92	5,90859	e	0,92033	d
<i>Cupressus sempervirens</i>	103	6,88306	e	1,20813	e

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Quadro D.6 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura função da compactação

Espécies	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos médios de Altura em m	Relação estatística
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	17	0,053	a	0,276	a - b
<i>Liquidambar styraciflua</i> "Lane Roberts"	30	0,748	a - b	0,249	a - b
<i>Sorbus aucuparia</i>	117	1,167	a - b	1,468	d
<i>Fraxinus angustifolia</i>	97	1,325	a - b	0,301	a - b
<i>Acer pseudoplatanus</i>	197	1,514	a - b - c	0,299	a - b
<i>Prunus avium</i> "Plena"	202	1,742	a - b - c - d	0,222	a - b
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"	181	2,022	a - b - c - d - e - f	0,572	b - c
<i>Tilia cordata</i>	11	2,645	b - c - d - e - f	0,500	b - c
<i>Melia azedarach</i>	28	2,993	b - c - d - e - f	0,136	a - b
<i>Liquidambar styraciflua</i>	120	3,843	c - d - e - f	0,854	c
<i>Cupressus sempervirens</i> "Pyramidalis"	27	4,045	d - e - f	0,325	a - b
<i>Platanus x hispanica</i>	51	4,106	d - e - f	0,575	b - c
<i>Ulmus procera</i>	45	4,331	e - f	0,438	a - b - c
<i>Populus nigra</i>	9	4,406	f	0,571	b - c
<i>Populus nigra</i> "Italica"	121	10,913	g	1,989	e
<i>Betula celtiberica</i>	47	12,528	g	3,138	f

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Quadro D.7 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura função da radiação (Norte, Sul, Este, Oeste, Plano)

Espécies	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos médios de Altura em m	Relação estatística
<i>Sorbus aucuparia</i>	84	1,21750	a	1,25940	b
<i>Quercus robur</i>	75	1,97653	a	0,49200	a
<i>Cupressus sempervirens sempervirens</i>	96	6,84849	b	1,20039	b
<i>Populus nigra</i> "Italica"	115	10,50426	c	1,91391	c

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Quadro D.8 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura função da radiação (Norte, Sul, Plano)

Espécies	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos médios de Altura em m	Relação estatística
<i>Sorbus aucuparia</i>	78	1,21628	a	1,27487	b
<i>Liquidambar styraciflua</i>	64	1,33750	a	0,30313	a
<i>Quercus robur</i>	59	1,78492	a	0,40831	a
<i>Platanus x hispanica</i>	28	4,39286	b	0,65357	a
<i>Cupressus sempervirens sempervirens</i>	75	6,79000	c	1,16333	b
<i>Pinus pinea</i>	59	8,20169	c - d	0,45763	a
<i>Populus nigra</i> "Italica"	90	9,73767	d	1,76111	c
<i>Acer rubrum</i> "Columnare"	39	20,22564	c	2,78974	d

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Quadro D.9 Variação dos acréscimos médios anuais de pap e altura função da rega (com e sem rega)

Espécies	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos médios de Altura em m	Relação estatística
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	17	0,05294	a	0,27647	a – b - c
<i>Magnolia x soulangeana</i>	76	0,37763	a - b	0,68684	c - d
<i>Liquidambar styraciflua</i> "Lane Roberts"	30	0,74800	a – b - c	0,24900	a - b
<i>Sorbus aucuparia</i>	117	1,16726	a – b - c	1,46829	e
<i>Fraxinus angustifolia</i>	97	1,32474	a – b – c	0,30103	a – b - c
<i>Acer pseudoplatanus</i>	197	1,51386	a – b – c		
<i>Prunus avium</i> "Plena"	203	1,74027	a – b – c - d	0,22118	a - b
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"	181	2,02155	a – b – c – d – e	0,57238	b – c - d
<i>Liquidambar styraciflua</i>	120	3,84333	d – f	0,85417	d
<i>Cupressus sempervirens</i> "Pyramidalis"	27	4,04519	d – f	0,32519	a – b - c
<i>Platanus x hispanica</i>	51	4,10588	e – f	0,57451	b – c - d
<i>Populus nigra</i>	9	4,40556	f	0,57083	b – c - d
<i>Casuarina equisetifolia</i>	129	6,43481	g	0,89512	d
<i>Populus nigra</i> "Italica"	121	10,91314	h	1,98926	f
<i>Betula celtiberica</i>	47	12,52830	h	3,13787	h
<i>Acer rubrum</i> "Columnare"	51	17,35882	i	2,55686	g

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Quadro D.10 Variação dos acréscimos médios anuais função da forma da copa (copa regular e assimétrica)

Espécies	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos médios de Altura em m	Relação estatística
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	17	0,053	a	0,276	a - b
<i>Magnolia x soulangeana</i>	76	0,378	a	0,6887	b – c
<i>Sorbus aucuparia</i>	117	1,167	a - b	1,468	e
<i>Fraxinus angustifolia</i>	97	1,325	a - b	0,301	a - b
<i>Acer pseudoplatanus</i>	197	1,514	a - b	0,299	a - b
<i>Prunus avium</i> "Plena"	203	1,740	a - b	0,221	a
<i>Quercus robur</i>	85	1,933	a - b	0,499	a – b – c
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"	181	2,022	a – b - c	0,572	a – b - c
<i>Tilia cordata</i>	11	2,645	b – c - d	0,500	a – b - c
<i>Platanus x hispanica</i>	51	4,106	c - d	0,575	a – b - c
<i>Ulmus procera</i>	45	4,331	d	0,438	a - b
<i>Populus nigra</i>	9	4,406	d	0,571	a – b - c
<i>Casuarina equisetifolia</i>	129	6,435	e	0,895	c - d
<i>Populus nigra</i> "Italica"	121	10,913	f	1,989	f
<i>Betula celtiberica</i>	47	12,528	f	3,138	g

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Quadro D.11 Variação dos acréscimos médios anuais função das podas (com poda bem feita, mal feita e sem poda)

Espécies	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos médios de Altura em m	Relação estatística
<i>Magnolia x soulangeana</i>	76	0,378	a	0,687	d – e - f
<i>Sorbus aucuparia</i>	117	1,167	a - b	1,468	h
<i>Fraxinus angustifolia</i>	97	1,325	a - b	0,301	a – b - c
<i>Acer pseudoplatanus</i>	197	1,514	a - b	0,299	a – b - c
<i>Prunus avium</i> "Plena"	203	1,740	a – b	0,221	a - b
<i>Quercus robur</i>	85	1,933	a – b	0,499	b – c – d
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"	181	2,022	a – b	0,572	c – d - e
<i>Melia azedarach</i>	28	2,993	b - c	0,136	a

Quadro D.11 Variação dos acréscimos médios anuais função das podas (com poda bem feita, mal feita e sem poda) (continuação)

Espécies	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos médios de Altura em m	Relação estatística
<i>Liquidambar styraciflua</i>	120	3,843	c	0,854	e – f
<i>Platanus x hispanica</i>	51	4,106	c	0,575	c – d – e
<i>Ulmus procera</i>	45	4,331	c	0,438	a – b – c – d
<i>Acer negundo</i>	65	7,942	d	0,931	f – g
<i>Pinus pinea</i>	68	9,898	e	0,512	b – c – d
<i>Populus nigra</i> "Italica"	121	10,913	e – f	1,989	i
<i>Betula celtiberica</i>	47	12,528	f	3,138	k
<i>Acer rubrum</i> "Columnare"	51	17,359	g	2,557	j

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Quadro D.12 Variação dos acréscimos médios anuais função das feridas no colo

Espécies	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos médios de Altura em m	Relação estatística
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	17	0,05294	a	0,27647	a
<i>Magnolia x soulangeana</i>	76	0,37763	a	0,68684	b – c – d – e f
<i>Liquidambar styraciflua</i> "Lane Roberts"	30	0,74800	a	0,24900	a
<i>Sorbus aucuparia</i>	117	1,16726	a	1,46829	h
<i>Fraxinus angustifolia</i>	97	1,32474	a	0,30103	a – b
<i>Acer pseudoplatanus</i>	197	1,51386	a	0,29853	a – b
<i>Prunus avium</i> "Plena"	203	1,74027	a – b	0,22118	a
<i>Quercus robur</i>	85	1,93259	a – b	0,49894	a – b – c – d
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"	181	2,02155	a – b	0,57238	a – b – c – d e – f
<i>Liquidambar styraciflua</i>	120	3,84333	b – c	0,85417	d – e – f – g
<i>Ulmus procera</i>	45	4,33111	c – d	0,43778	a – b – c
<i>Robinea pseudoacacia</i> "Pyramidalis"	7	4,45714	c – d	0,77143	c – d – e – f
<i>Casuarina equisetifolia</i>	129	6,43481	d – e	0,89512	e – f – g
<i>Cupressus sempervirens sempervirens</i>	103	6,88306	e	1,20813	g – h
<i>Acer negundo</i>	65	7,94185	e – f	0,93108	f – g
<i>Pinus pinea</i>	68	9,89779	f – g	0,51176	a – b – c – d – e
<i>Populus nigra</i> "Italica"	121	10,91314	g – h	1,98926	i
<i>Betula celtiberica</i>	47	12,52830	h	3,13787	k
<i>Acer rubrum</i> "Columnare"	51	17,35882	i	2,55686	j

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

Quadro D.13 Variação dos acréscimos médios anuais função do vandalismo

Espécies	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos médios de Altura em m	Relação estatística
<i>Magnolia x soulangeana</i>	76	0,378	a	0,687	b – c – d
<i>Liquidambar styraciflua</i> "Lane Roberts"	30	0,748	a	0,249	a – b
<i>Sorbus aucuparia</i>	117	1,167	a	1,468	e
<i>Fraxinus angustifolia</i>	97	1,325	a – b	0,301	a – b
<i>Acer pseudoplatanus</i>	197	1,514	a – b – c	0,299	a – b
<i>Prunus avium</i> "Plena"	203	1,740	a – b – c – d	0,221	a
<i>Quercus robur</i>	85	1,933	a – b – c – d – e	0,499	a – b – c – d
<i>Liriodendron tulipifera</i> "Fastigiata"	181	2,022	a – b – c – d – e	0,572	a – b – c – d

Quadro D.13 Variação dos acréscimos médios anuais função do vandalismo (Continuação)

Espécies	Número de árvores avaliadas	Acréscimos médios de pap em cm	Relação estatística	Acréscimos médios de Altura em m	Relação estatística
<i>Melia azedarach</i>	28	2,993	a – b – c- d - e	0,136	a
<i>Liquidambar styraciflua</i>	120	3,843	b – c- d - e	0,854	c - d
<i>Platanus x hispanica</i>	51	4,106	c- d - e	0,575	a – b – c - d
<i>Ulmus procera</i>	45	4,331	d - e	0,438	a- b - c
<i>Populus nigra</i>	9	4,406	e	0,571	a – b – c - d
<i>Robinea pseudoacacia</i> "Pyramidalis"	7	4,457	e	0,771	c - d
<i>Acer negundo</i>	65	7,942	f	0,931	d
<i>Pinus pinea</i>	68	9,898	f - g	0,512	a – b – c - d
<i>Populus nigra</i> "Italica"	121	10,913	g - h	1,989	f
<i>Betula celtiberica</i>	47	12,528	h	3,138	h
<i>Acer rubrum</i> "Columnare"	51	17,359	i	2,557	g

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan no nível de 5% de significância

